



## **FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

**Titulación: GRADO EN ODONTOLOGÍA**

**Departamento de Estomatología**

## **TRABAJO FIN DE GRADO**

**Título: REVASCULARIZACIÓN PULPAR EN DIENTES PERMANENTES  
JÓVENES CON ÁPICE ABIERTO Y PULPA NECRÓTICA: REVISIÓN  
BIBLIOGRÁFICA**

**Alumna:** Nuria Molina Adame

**Tutor:** D. Juan José Segura Egea

**Co-tutor:** D. Juan José Sauco Márquez

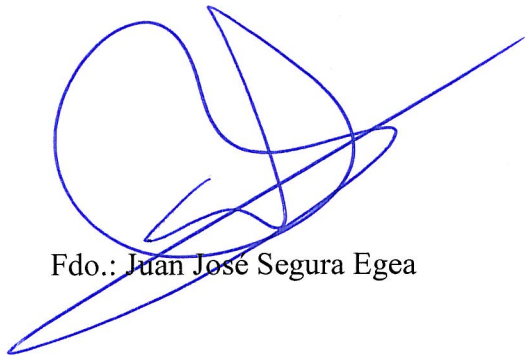
**Curso 2015 / 2016**

**Sevilla**

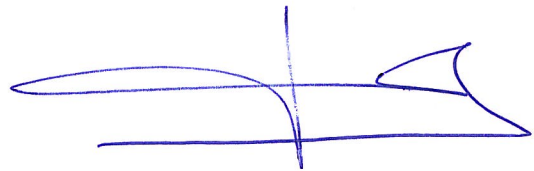
D. JUAN JOSÉ SEGURA EGEEA, Catedrático de Patología y Terapéutica Dentales, y D. JUAN JOSÉ SAÚCO MÁRQUEZ, Prof. asociado de Patología y Terapéutica Dentales, del Departamento de Estomatología de la Universidad de Sevilla, HACEN CONSTAR que: D<sup>a</sup>. Nuria Molina Adame, alumna de 5º curso del Grado en Odontología de la Universidad de Sevilla, ha realizado bajo su tutela y dirección el Trabajo titulado “REVASCULARIZACIÓN PULPAR EN DIENTES PERMANENTES JÓVENES CON ÁPICE ABIERTO Y PULPA NECRÓTICA: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA”, como Trabajo Final del Grado, cumpliendo a su entender con los requisitos necesarios para ser presentado para su lectura y defensa.

Y para que así conste, firma el presente en

Sevilla, a 12 de Julio de 2016



Fdo.: Juan José Segura Egea



Fdo.: Juan José Saúco Márquez

Mi más sincero agradecimiento a los profesores Juan José Saúco Márquez y Juan José Segura Egea sin los cuales no hubiera podido realizar el presente trabajo así como a los profesores del grado por brindarme sus conocimientos; a mis compañeras, con las que tantos momentos he compartido y a mis seres queridos por apoyarme todos estos años.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. RESUMEN / ABSTRACT.....	1
2. INTRODUCCIÓN.....	2
1.1 PRINCIPIOS PARA LA REVASCULARIZACIÓN PULPAR.....	4
1.2 FACTORES QUE AFECTAN A LA REVASCULARIZACIÓN.....	4
1.3 DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA.....	5
3. OBJETIVOS.....	12
4. METODOLOGÍA DE LA BÚSQUEDA.....	13
5. RESULTADOS DE LA REVISIÓN.....	18
6. DISCUSIÓN.....	21
7. CONCLUSIONES.....	25
8. BIBLIOGRAFÍA.....	26

## **1. RESUMEN**

INTRODUCCIÓN: La revascularización pulpar es un tratamiento regenerativo para tratar dientes inmaduros con pulpa necrótica por caries o traumatismos que, a diferencia de la apexificación y el uso de barreras apicales artificiales, permite la continuación del desarrollo radicular. Esta revisión tiene por objeto exponer el procedimiento y principios básicos de la revascularización así como ver las posibles ventajas e inconvenientes que presenta.

MATERIAL Y MÉTODO: se realiza la búsqueda de artículos en la base de datos PubMed donde del total de artículos encontrados, se seleccionan según los criterios descritos, 11 para esta revisión bibliográfica, además de aquellos aportados por el profesor y cuatro libros.

CONCLUSIÓN: El tratamiento endodóncico regenerativo es una opción viable de tratamiento para los dientes permanentes inmaduros con pulpa necrótica que permite el desarrollo radicular y el engrosamiento de las paredes dentinarias. Para ello es fundamental conseguir la desinfección del canal, una matriz de andamiaje que ayude al crecimiento tisular y un sellado del acceso que evite la filtración bacteriana.

### **Abstract**

INTRODUCTION: Pulp revascularization is a regenerative treatment to treat immature teeth with necrotic pulp caries or trauma, unlike apexification and the use of artificial apical barriers, it allows continuation of root development. This review aims to set out the procedure and principles of revascularization and resume the possible advantages and disadvantages that this technique presents.

METHOD: the search is performed in PubMed database, where 11 out of total articles have been used for this review, as well as some articles provided by the teacher and four books.

CONCLUSION: Regenerative endodontic treatment is a viable treatment option for immature permanent teeth with necrotic pulp, which allows root development and thickening of dentinal walls. It is essential to achieve a disinfect channel, a scaffold that promote the tissue growth and an access seal that prevent bacterial filtration.

## 2. INTRODUCCIÓN

Los dientes permanentes jóvenes, a causa de traumatismos o caries, pueden sufrir un daño pulpar que conduzca a la pérdida de vitalidad y a la detención del desarrollo radicular, dando como consecuencia una raíz corta con el ápice incompletamente formado con paredes dentinarias muy delgadas. (1,2)

La ausencia de un ápice cerrado hace muy difícil el tratamiento endodóncico tradicional del canal radicular, pues el ápice abierto aumenta el riesgo de extrusión del material hacia los tejidos perirradiculares (14); además, la estrechez y debilitamiento de las paredes dentinarias hacen al diente más susceptible a fracturarse, sobre todo durante la obturación del canal o la condensación lateral. (2,3) Esto también puede dar lugar a una relación corona-raíz más pobre, con un posible fracaso periodontal como resultado del incremento de la movilidad, por lo que las medidas que se tomen deben ir encaminadas a preservar la vitalidad de este diente inmaduro hasta que ocurra la maduración. (3)

El tratamiento clásico propuesto es la apexificación, que se define como un método para inducir una barrera calcificada en una raíz con un vértice abierto o el desarrollo apical continuo de una raíz formada incompleta en el diente con tejido necrótico de la pulpa (14). El material comúnmente utilizado en esta técnica es el hidróxido de calcio, el cual se coloca durante un tiempo prolongado para que promueva la formación de una barrera calcificada sobre la que se pueda colocar el material de relleno, pero esto requiere diversas visitas durante un período de meses, además de incrementar la vulnerabilidad del diente. Una alternativa al hidróxido de calcio es la formación de una barrera apical artificial con el uso de mineral trióxido agregado (MTA), pero éste tampoco fortalece la estructura radicular remanente, por lo que el diente sigue propenso a fracturarse; por lo tanto, ambas técnicas tienen como principal limitación que no promueven la continuación del desarrollo radicular, dejando una raíz frágil sin nueva aposición de dentina en las paredes del conducto. (3, 4, 5, 9)

Lo ideal sería recuperar el crecimiento celular mediante procedimientos terapéuticos que permitan el engrosamiento de las paredes laterales del conducto.

La revascularización es una alternativa biológica para el tratamiento de dientes inmaduros con pulpa necrótica por caries o por trauma, que a diferencia del tratamiento

convencional de apexificación, permite la maduración de la raíz. (1, 3, 4) Este concepto se basa en la existencia de células madres apicales vitales sobrevivientes a la necrosis, capaces de diferenciarse y proliferar dando como resultado el desarrollo de la raíz siempre que el conducto radicular haya sido desinfectado, pues es necesario un ambiente que favorezca la revascularización (4, 6, 2).

Aunque la regeneración de tejido pueda tener origen en células madres existentes tanto en la pulpa vital, la papila apical, la membrana periodontal o el hueso alveolar, las células procedentes de la papila apical son candidatas como fuente primaria de odontoblastos implicados en el desarrollo radicular ya que poseen mayor número de células, una capacidad proliferativa más rápida y un número mayor de duplicaciones poblacionales con capacidad aumentada para la regeneración dentinaria (7).

El término <<revascularización>> indica solo la reparación y/o neoformación de tejido vascular en un órgano o tejido, por lo que, aunque quizá sea el más utilizado, puede que no sea el más correcto ya que no se corresponde exactamente con lo que sucede dentro del diente, ya que, además de tejido vascular, ocurre la formación de otros tejidos, en especial el tejido calcificado.

Existe controversia por varios autores sobre el término que más se adecue a este procedimiento. En cuanto a <<regeneración pulpar>>, este concepto significa la formación de nuevo tejido pulpar, lo que implicaría la presencia de odontoblastos capaces de formar dentina. Pero es posible que no siempre se regeneren odontoblastos, sino que en realidad lo que ocurre dentro del espacio pulpar es una invaginación y un crecimiento de tejido periodontal, y el tejido duro que se forma es cemento, que se coloca sobre la dentina preexistente, alargando y ensanchando las paredes del conducto, e incluso tejido más parecido al hueso. (3, 8)

Por tanto, <<revitalización>> podría ser un término más acertado puesto que indica la recuperación de tejido vivo dentro del espacio pulpar, con células capaces de crear tejido duro, ya sea cemento, tejido óseo o dentina (8).

No obstante, nos referiremos a este proceso como <<revascularización pulpar>> por ser el término más comúnmente utilizado.

## 2. 1 PRINCIPIOS PARA LA REVASCULARIZACIÓN PULPAR

Los protocolos propuestos en la literatura para revascularización son muy variados, y aunque no hay un protocolo universal, podemos concluir que este proceso se apoya en los siguientes puntos clave:

- Desinfección y limpieza del interior del conducto radicular sin llevar a cabo su instrumentación. Esto implica la introducción dentro del conducto de antibióticos, como la combinación de ciprofloxacino, metronidazol y minociclina, y/o materiales desinfectantes como el hidróxido de calcio. (1, 5)
- Recolonización del interior del espacio pulpar por células capaces de crear tejido mineralizado. Se espera que estas células procedan de la papila dental y sean capaces de diferenciarse en odontoblastos y crear de nuevo tejido pulpar. (2, 8)
- Inducción de una matriz a modo de andamio sobre las que las células puedan distribuirse y organizarse para formar tejido (5, 2), generalmente se provoca la formación de un coágulo de sangre (1, 6, 8), aunque otra matriz posible es la de plasma rico en plaquetas, por su importante contenido en factores de crecimiento. (1, 8)
- Sellado de la entrada del conducto que evite su colonización por bacterias; El material de elección por muchos autores para el sellado es el MTA, ya que es biocompatible. (1, 5, 8)

## 2.2 FACTORES QUE AFECTAN A LA REVASCULARIZACIÓN

Existen varios factores que ayudan a que el diente inmaduro continúe su desarrollo radicular:

- Los pacientes jóvenes tienen mayor potencial de regeneración tisular (3). Por lo que este proceso se recomienda en pacientes con edades comprendidas entre los 6 y 18 años para algunos autores (8) y entre los 8 y 16 años para otros (9).
- El diente inmaduro tiene un ápice abierto, que cuanto más abierto esté, mejor será el acceso de los tejidos al conducto (el caso ideal sería un diente con un diámetro mesiodistal de ápice abierto de 1.1mm o más). (3, 8, 9)
- Cuanto más tiempo hayan permanecido los gérmenes en el conducto, menos favorable será el pronóstico, ya que disminuye la posible supervivencia de



células precursoras apicales y hace más difícil la desinfección de las paredes radiculares. (8)

- Aunque no hay estudios sobre niños con alteraciones genéticas o condiciones médicas severas y un sistema inmune comprometido que puedan perjudicar la respuesta de curación dental, se puede esperar que aquellos niños con el proceso de curación alterado no serán buenos candidatos para la revascularización, pues el éxito de este tratamiento depende de la capacidad de respuesta del paciente ante esta situación. (9)

## 2.3 DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA

### PRIMERA VISITA

Los distintos protocolos de revascularización que se muestran en la literatura tienen en común para la primera visita, previo examen clínico y radiográfico, la inyección de anestesia local infiltrativa, como lidocaína o articaína con epinefrina, el aislamiento absoluto con dique de goma y la apertura (1, 4).

La radiografía preoperatoria nos ayudará a verificar el estadio de desarrollo radicular y el estado del periápice (13).

El acceso a la cavidad se realizará con fresa de diamante Endo-Z, y posteriormente se determinará la longitud de trabajo con una lima fina introducida en el canal y comprobación radiográfica (4). Ésta debe estar establecida a 1mm de la línea que une los extremos visibles de la raíz. Es importante que los instrumentos no sobrepasen la longitud de trabajo para preservar la vitalidad de las células precursoras presentes en la papila apical (8).

### ∞ LIMPIEZA DEL CONDUCTO

No se realiza fase de instrumentación, lo que se hace es retirar los restos de pulpa necrótica de la cámara pulpar. (8)

La irrigación del canal radicular debe ser abundante pero cuidadosa, llevando la aguja al tercio apical. Además es conveniente irrigar con agujas con el extremo

obturado y un orificio lateral, junto con una irrigación lenta, para reducir la cantidad de irrigante que entre a través del ápice abierto (14).

Se aconseja irrigar con 20ml de solución de hipoclorito sódico (NaOCl) al 5.25% (4) o al 2.5% (8).

### ∞ SECADO Y DESINFECCIÓN DEL CONDUCTO

Una vez irrigado el conducto, lo secaremos con puntas de papel, e introduciremos el agente antibacteriano, hidróxido de calcio o pasta triantibiótica. (1, 4, 8)

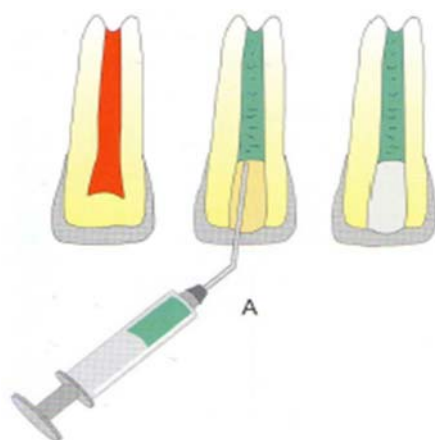


Figura A. Limpieza y desinfección del conducto. Éste es rellenado con el agente antibacteriano con ayuda de una jeringa o aplicador de punta fina para poder depositarlo más allá del límite amelo-cementario. Imagen obtenida de Gancedo Caravia L. Ápice abierto. En: García Barbero J, editor. Patología y terapéutica dental: operatoria dental y endodoncia. 2ª Edición. Barcelona: Elsevier; 2015. p. 612-5.

El hidróxido de calcio ha sido utilizado como medicación intraconducto en la apexificación. Su efecto es el de crear un ambiente que induzca la formación de una barrera de tejido duro a nivel apical. El contacto directo de la pasta con cualquier tejido pulpar vital remanente, produce una capa de tejido calcificado que evitará la migración de tejido de regeneración dentro del espacio pulpar. Además, debido a su elevado pH, puede dañar las células precursoras capaces de diferenciarse en odontoblastos. (3, 7)

La mezcla de ciprofloxacino, metronidazol y minociclina se ha visto efectiva en cuanto a la eliminación de patógenos endodóncicos. Se mezclan con agua destilada hasta conseguir una consistencia cremosa que se pueda manipular para introducirla con un léntulo en el conducto (1, 6).

La pasta triantibiótica, contiene componentes bactericidas (metronidazol y ciprofloxacino) y bacteriostáticos (minociclina), permitiendo el éxito de la revascularización y la continuación del desarrollo radicular hasta su longitud normal. (3)

Hay que tener en cuenta que la minociclina, al ser una tetraciclina, puede pigmentar el diente, por lo que debemos tratar de llevar la pasta hasta el interior del conducto sin que contacte con las paredes de la cámara pulpar. Para ello es útil emplear una jeringa o aplicador lo suficientemente fino en la punta como para introducirlo por debajo del límite amelocementario (8). Otra opción es grabar con ácido fosfórico y colocar adhesivo dentinario o una pequeña capa de composite fluido sobre la superficie labial de la cámara, siempre procurando que no obstruya la entrada del conducto (1, 8). También puede optarse por sustituir la minociclina por cefaclor (1), pero, al ser un antibiótico cefalosporínico, hay que considerar efectos secundarios como puede ser una reacción alérgica (16).

### ☞ OBTURACIÓN PROVISIONAL

Es importante que haya un buen sellado coronal, con un grosor mínimo de 3-4mm, que impida la invasión bacteriana al espacio pulpar antes de que la revascularización ocurra (8).

Este sellado puede conseguirse mediante la colocación de un cavit seguido de IRM o ionómero de vidrio (1), con ionómero de vidrio y resina compuesta o colocando un algodón y coltosol (6).

### SEGUNDA VISITA

A las 3-4 semanas se verifica que haya ausencia de sintomatología (8).

Para esta segunda visita también existen puntos en común en la literatura, como son, el uso de anestesia sin vasoconstrictor, como la mepivacaína al 3% (4) para facilitar el sangrado de los tejidos periapicales, el aislamiento absoluto y la remoción del agente antibacteriano. (1, 8)

### ∞ LIMPIEZA DEL AGENTE ANTIBACTERIANO

Para retirar la medicación intraconducto se irrigará copiosamente pero de manera suave con hipoclorito sódico al 5.25% (4, 10) o con 20ml de EDTA al 17% (1, 4, 8), pues se ha visto que este irrigante ofrece mejores condiciones para la proliferación y diferenciación celular y para la formación de tejido calcificado (1). Se terminará la irrigación con suero salino (8) para posteriormente secar con puntas de papel.

### ∞ MATRIZ DE ANDAMIAJE

Un canal vacío no soportará el crecimiento de nuevo tejido procedente del periápice por sí solo, sino que es necesario un andamiaje apropiado que promueva el crecimiento y la diferenciación celular. (3)

Diversos estudios revelan el uso de sangre o sustitutos como andamiaje con los diferentes factores de crecimiento para ayudar al crecimiento del nuevo tejido en el canal vacío. Varios casos incluyen la formación de un coágulo de sangre como andamiaje. También se ha visto que el aporte de plasma rico en plaquetas cumple este criterio (1, 3)

Para inducir el sangrado, se introduce en el canal una lima estéril como puede ser del número 40-50, uno o dos milímetros más allá de foramen apical (4).

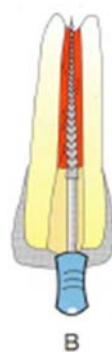


Imagen B. Inducción del sangrado con una lima estéril más allá de la longitud de trabajo. Gancedo Caravia L. Ápice abierto. En: García Barbero J, editor. Patología y terapéutica dental: operatoria dental y endodoncia. 2ª Edición. Barcelona: Elsevier; 2015. p. 612-5.

Tras producir el sangrado, se debe esperar unos 15 minutos a que se forme el coágulo a unos 3 mm por encima de la unión amelocementaria (1). Podemos ayudarnos de una bolita de algodón en la entrada del conducto para que se produzca el coágulo a ese nivel (13).

Para el uso de plasma rico en plaquetas (PRP) como matriz de andamiaje se extraerá sangre del paciente por venopunción, la cual será almacenada en un tubo con anticoagulante. Seguidamente será centrifugada para separar las plaquetas de la serie celular roja. La porción plaquetaria es sometida a una segunda centrifugación, por la que se conseguirá la separación de plasma pobre en plaquetas y plasma rico en plaquetas (1).

El PRP es una suspensión concentrada de diversos factores de crecimiento, como son, el factor de crecimiento derivado de las plaquetas, el factor  $\beta$  de crecimiento, un factor de crecimiento similar a la insulina, y el factor de crecimiento vascular endotelial y el epitelial (13).

El PRP será introducido en el conducto y se esperará a la formación del coágulo (1).

Igualmente, puede obtenerse fibrina rica en plaquetas (PRF) extrayendo sangre del paciente y centrifugándola. Al tener una consistencia gelatinosa puede condensarse directamente dentro del canal (15).

### ∞ SELLADO

Uno de los requerimientos para el resultado exitoso es asegurar un buen sellado coronal que evite la infiltración bacteriana antes de que tenga lugar la revascularización (3).

Para la regeneración pulpar sería ideal que el material evitara la filtración bacteriana, tuviera una fácil de manipulación, fuera radioopaco e indiferente a la humedad, además de ser biocompatible, antibacteriano y ser capaz de favorecer la formación de tejido conectivo y calcificado.

El material, actúa como un techo sobre el coágulo, permitiendo que se forme un tejido de granulación libre de bacterias que ayudará en la diferenciación de nuevas células pulpares a partir de las células indiferenciadas que quedan próximas al ápice, así como a la formación de tejido calcificado tanto en las paredes del conducto y en la zona apical (13).

El uso de MTA para realizar el sellado es excelente debido a su resistencia a la microfiltración y por su biocompatibilidad (3).

Se procurará colocar el MTA más allá del límite amelocementario para evitar tinciones. Además, es conveniente que la capa sea de unos 3-4 mm de espesor para que asegure un sellado adecuado.

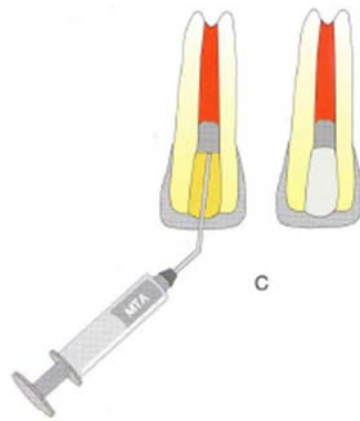


Imagen C. Colocación de MTA que selle la porción coronal sobre el coágulo y el posterior sellado provisional. Gancedo Caravia L. Ápice abierto. En: García Barbero J, editor. Patología y terapéutica dental: operatoria dental y endodoncia. 2ª Edición. Barcelona: Elsevier; 2015. p. 612-5.

Con ayuda de una radiografía comprobaremos la correcta colocación y el grosor de la barrera.

Para favorecer el fraguado del MTA, se aconseja colocar encima de este una bolita húmeda de algodón y cubrirla con una obturación provisional (8).

Como obturación temporal puede utilizarse cemento provisional, como el Coltosol y posteriormente, tras la revisión, sellar definitivamente con ionómero de vidrio (6) o resina compuesta (4).

### TERCERA VISITA

A la semana, se verificará el sellado coronal, comprobando que el MTA esté bien fraguado y selle correctamente la entrada del conducto, además de realizar la restauración definitiva del diente (8).

Será necesario realizar unos controles clínicos y radiográficos posteriores al menos durante un año para ver que no hay síntomas y el periápice está sano, así como para comprobar el incremento de la longitud de la raíz y el engrosamiento de las paredes radicales (13).

### **3. OBJETIVOS**

La presente revisión de la literatura tiene como objetivo conocer el procedimiento de la revascularización pulpar, así como determinar los principios básicos para que esta técnica sea posible y los factores que en ella influyen.

Otro propósito de este trabajo es comparar la revascularización pulpar con la técnica clásica que se lleva a cabo en dientes permanentes jóvenes con ápice abierto y pulpa necrótica, como es la apexificación, y ver las posibles ventajas e inconvenientes que frente a ella presenta.



#### 4. METODOLOGÍA DE LA BÚSQUEDA

Para la confección de esta revisión bibliográfica se han utilizado los siguientes libros:

- Iglesias Linares A, Mendoza-Mendoza A. Apicogénesis inducida mediante terapia celular con células madres en el diente inmaduro con tejido pulpar afectado. En: García Ballesta C, Mendoza-Mendoza A, editores. Traumatología oral: diagnóstico y tratamiento integral: soluciones estéticas. Madrid; 2012. p. 165-75.
- Gancedo Caravia L. Ápice abierto. En: García Barbero J, editor. Patología y terapéutica dental: operatoria dental y endodoncia. 2ª Edición. Barcelona: Elsevier; 2015. p. 612-5.
- Canalda Sahli C. Tratamiento del diente con el ápice inmaduro. En: Canalda Sahli C, Brau Aguadé E, editores. Endodoncia Técnicas clínicas y bases científicas. 3ª Edición. Barcelona: Elsevier Masson; 2014. p. 266-8.
- Hargreaves KM, Law AS. Endodoncia regenerativa. En: Hargreaves KM, Cohen S, editores. Vías de la pulpa. 10ª Edición. Barcelona: Elsevier Mosby; 2011. p. 602-19.

Dos publicaciones fueron aportadas por el tutor, como son:

- González V, Madrid K, Amador E. Revascularización en dientes permanentes con ápice inmaduro y necrosis pulpar: Revisión bibliográfica. Adm. 2014;71(3):110-4.
- Paniagua MI. Revascularización pulpar de un incisivo central permanente con ápice inmaduro. CES Odontol. 2010;23(1):45-8.

Por último, se ha llevado a cabo una exhaustiva búsqueda de artículos científicos con referencia a la revascularización pulpar a través de la base de datos PubMed.

Las palabras claves utilizadas en la primera búsqueda han sido: *pulp*, “*dental pulp*”, *regeneration*, “*pulp regeneration*”, *management*, *revitalization*, *revascularization*, “*periapical repair*”, “*apical periodontitis*”, “*platelet-rich plasma*”, “*immature teeth*”, *apexification*, “*regenerative endodontic*”, *recommendations*

Los operadores booleanos utilizados para una segunda búsqueda han sido “AND” y “OR”. Se han combinado las palabras claves con los conectores para poder encontrar artículos válidos para el trabajo.

Finalmente se hizo una tercera búsqueda según los niveles de evidencia.

Las revistas a las que pertenecen los artículos usados son las siguientes:

- Contemporary Clinical Dentistry
- Dental Traumatology
- International Endodontic Journal
- Journal of Conservative Dentistry
- Journal of Dentistry
- Journal of Endodontics
- Medicina oral, Patología oral, Cirugía bucal
- Restorative Dentistry & Endodontics

### **Criterios de inclusión y exclusión**

Los criterios de inclusión usados en la búsqueda fueron:

1. Artículos de los que se podía obtener el texto completo
2. Artículos publicados en los últimos 10 años
3. Artículos en inglés o en español

Igualmente se establecieron unos criterios de exclusión:

1. Aquellos artículos a los que no se podía acceder al texto completo o la universidad no estaba suscrita a la revista
2. Artículos que hablaban sobre la revascularización en animales
3. Artículos que carecían de interés o utilidad para el tema que se iba a tratar

A partir de los distintos criterios de inclusión y exclusión empleados para la limitación de resultados afines al tema tratado en este trabajo, ha sido posible la selección de los artículos considerados de mayor utilidad relativos a la revascularización pulpar.

## Material y método

Se detalla a continuación el proceso de búsqueda de artículos mediante una tabla donde se recogen las palabras claves y los conectores utilizados, junto con el número de artículos resultantes y los seleccionados.

MATERIAL Y MÉTODO	
PRIMERA BÚSQUEDA	TOTAL ARTÍCULOS
Pulp	12.408
“Dental pulp”	6.114
Regeneration	97.786
“Pulp regeneration”	136
Management	809.484
Revitalization	297
Revascularization	19.280
“Periapical repair”	19
“Apical periodontitis”	747
“Platelet rich plasma”	3.470
“Immature teeth”	205
Apexification	241
“regenerative endodontic”	118
Recommendations	80.176

MATERIAL Y MÉTODO		
SEGUNDA BÚSQUEDA	TOTAL ARTÍCULOS	ARTÍCULOS UTILIZADOS
“pulp regeneration” AND management	3	1
Revitalization AND pulp	27	1
Regeneration AND “dental pulp”	888	2
Revascularization AND “periapical repair”	3	-
Revascularization AND “apical periodontitis” AND “platelet-rich plasma”	5	1
Revascularization AND “immature teeth” AND “apical periodontitis”	14	1
(revascularization OR apexification) AND “immature teeth” AND “apical periodontitis”	20	2
Regeneration AND “immature teeth”	64	-
“Regenerative endodontic” AND recommendatios	2	1
apexification AND “immature teeth”	76	1
“pulp regeneration” AND apexification	6	-
“regenerative endodontic” AND apexification	35	1

MATERIAL Y MÉTODO							
TERCERA BÚSQUEDA	Meta-analysis	Systematic reviews	Randomized clinical trials	Clinical trials	Cohort studies	Case-control studies	Case-series
“pulp regeneration” AND management	-	-	-	-	-	-	-
Revitalization AND pulp	-	-	-	-	6	2	3
Regeneration AND “dental pulp”	1	-	13	34	74	24	15
Revascularization AND “periapical repair”	-	-	-	-	1	-	-
Revascularization AND “apical periodontitis” AND “platelet-rich plasma”	-	-	-	-	1	-	1
Revascularization AND “immature teeth” AND “apical periodontitis”	-	-	1	1	1	-	2
(revascularization OR apexification) AND “immature teeth” AND “apical periodontitis”	-	-	1	1	2	-	2
Regeneration AND “immature teeth”	-	-	2	4	8	5	6
“Regenerative endodontic” AND recommendatios	-	-	-	-	-	-	1
apexification AND “immature teeth”	3	-	4	6	18	3	6
“pulp regeneration” AND apexification	-	-	-	-	1	-	1
“regenerative endodontic” AND apexification	-	-	2	2	10	4	6

## 5. RESULTADOS DE LA REVISIÓN

TÍTULO	AUTOR	REVISTA Y AÑO	MUESTRA	OBJETIVOS	CONCLUSIONES
Pulp Revascularization of Immature Teeth With Apical Periodontitis: A Clinical Trial	Rui Yu Ding, Gary Shun-pan Cheung, Jie Chen, Xing Zhe Yin, Qian Qian Wang, and Cheng Fei Zhang	Journal of Endodontic 2009	Doce pacientes con dientes permanentes inmaduros con periodontitis apical crónica o aguda	Examinar el efecto del proceso de la revascularización pulpar en dientes necróticos inmaduros con periodontitis apical.	La revascularización puede ser efectiva para tratar dientes permanentes inmaduros con periodontitis apical eligiendo el caso apropiado.
Management of immature teeth by dentin-pulp regeneration: A recent approach	Kansal Neha, Rajnish Kansal, Pratibha Garg, Rajesh Joshi, Deepika Garg, Harpreet-Singh Grover	Medicina oral, patología oral y cirugía bucal 2011	-	Revisar el enfoque reciente de la regeneración del complejo pulpo-dentinario en dientes permanentes inmaduros.	La revascularización de dientes inmaduros con periodontitis apical depende principalmente de: desinfección del canal, proporcionar una matriz para el crecimiento tisular, y un sellado del acceso que evite la entrada de bacterias.
Regenerative Endodontic Treatment: Report of Two Cases with Different Clinical Management and Outcomes	Mehrfam Khoshkhounejad, Noushin Shokouhinejad, Salma Pirmoazen	Journal of dentistry 2015	Dos pacientes con dientes necróticos inmaduros con radiolucidez periapical	Evaluar los resultados de dos casos de revascularización en dientes necróticos inmaduros usando MTA y Biodentina como barrera coronal y diferentes irrigantes.	Lo que respecta a la naturaleza de la revascularización, parece que existe una diferencia entre los resultados histológicos esperados y lo que realmente ocurre en el canal radicular, en la mayoría de los casos. Por lo que debería replantearse la definición de éxito en el tratamiento endodóncico regenerativo.

TÍTULO	AUTOR	REVISTA Y AÑO	MUESTRA	OBJETIVOS	CONCLUSIONES
Comparative outcome of revascularization in bilateral, non-vital, immature maxillary anterior teeth supplemented with or without platelet rich plasma: A case series	Ganesh Ranganath Jadhav, Naseem Shah, Ajay Logani	Journal of Conservative Dentistry 2013	Tres pacientes con incisivos centrales superiores no vitales e inmaduros y con periodontitis apical	Evaluar y comparar la apexogénesis inducida mediante revascularización con y sin PRP en dientes anteriores inmaduros no vitales.	Existe una notoria diferencia en la curación periapical, cierre apical y engrosamiento de las paredes dentinarias del diente tratado mediante revascularización con PRP.
A review of the regenerative endodontic treatment procedure	Bin-Na Lee, Jong Wook Moon, Hoon-Sang Chang, In-Nam Hwang, Won-Mann Oh, Yun-Chan Hwang	Restorative Dentistry & Endodontics 2015	-	Resumir múltiples factores que influyen en el resultado del tratamiento endodóncico regenerativo con el fin de lograr unos resultados más predictibles.	Para lograr resultados exitosos del procedimiento del tratamiento endodóncico regenerativo, es importante seleccionar el caso prudentemente y hacer un seguimiento a largo plazo de este.
A comparative evaluation of the blood clot, platelet-rich plasma, and platelet-rich fibrin in regeneration of necrotic immature permanent teeth: A clinical study	Isha Narang, Neelam Mittal, Navin Mishra	Contemporary Clinical Dentistry 2015	Cuatro grupos con cinco pacientes cada uno.	Evaluar y comparar el potencial regenerativo del PRF, PRP y del coágulo de sangre en dientes necróticos inmaduros con o sin periodontitis apical.	PRF posee un gran potencial para acelerar las características de crecimiento en dientes necróticos inmaduros en comparación con PRP y el coágulo sanguíneo.

TÍTULO	AUTOR	REVISTA Y AÑO	MUESTRA	OBJETIVOS	CONCLUSIONES
Revascularización pulpar de un incisivo central permanente con ápice inmaduro	Martha Isabel Panigua	CES Odontología 2010	Caso de un incisivo central superior inmaduro con necrosis pulpar y periodontitis apical crónica.	Intentar la revascularización basándose en la posibilidad de un posterior desarrollo radicular y un engrosamiento de las paredes dentinarias reforzando el diente, y previniendo una posible fractura.	Podría optarse por un manejo clínico más conservador para este tipo de casos, mediante la obtención de condiciones favorables dentro del conducto que permitan una regeneración natural de tejido mejorando el pronóstico de estos dientes a futuro.
Recommendations for using regenerative endodontic procedures in permanent immature traumatized teeth	Franklin García-Godoy, Peter E. Murray	Dental Traumatology 2012	-	Resumir lo expuesto en la literatura reciente y sugerir directrices sobre el uso del proceso endodóncico regenerativo para el tratamiento de dientes permanentes inmaduros.	Debido a la falta de pruebas a largo plazo que apoyen la regeneración endodóncica, este proceso debería solo aplicarse si el diente no es adecuado para obturar el canal radicular, y tras tratamientos como apexogénesis, apexificación, o pulpotomía parcial que han sido realizadas y tienen un mal pronóstico.
Regenerative endodontic treatment of an immature tooth with a necrotic pulp and apical periodontitis using platelet-rich plasma (PRP) and mineral trioxide aggregate (MTA): a case report	G. S. Sachdeva, L. T. Sachdeva, M. Goel & S. Bala	International Endodontic Journal 2014	Caso de un incisivo lateral superior con decoloración, pulpa necrótica y ápice abierto.	Informar del éxito clínico y de los resultados radiográficos del tratamiento endodóncico regenerativo.	El tratamiento regenerativo tiene el potencial para regenerar tanto pulpa como tejidos duros del diente y por lo tanto, ofrece una opción de tratamiento viable para los dientes inmaduros con pulpa necrótica.



## 6. DISCUSIÓN

La regeneración de los tejidos pulpares en un diente con pulpa necrótica ha sido contemplada como algo de extrema dificultad. Sin embargo, si logramos un ambiente favorable mediante la correcta desinfección de los canales y la presencia de un sistema de andamiaje que permita el crecimiento de los tejidos, la regeneración de los tejidos odontogénicos puede ser posible. El factor más importante para el éxito de este procedimiento es la desinfección de los canales radiculares, ya que el crecimiento tisular puede verse detenido por la presencia de bacterias (10).

Tal como se ha dicho anteriormente, la desinfección es el paso más importante para la revascularización de dientes inmaduros con pulpa necrótica, pero no es posible realizar la instrumentación mecánica en estos dientes debido a la delgadez y fragilidad de las paredes dentinarias del conducto que podrían fracturarse durante la propia instrumentación o durante la condensación lateral. Por tanto, la desinfección depende solamente de los irrigantes y de la medicación intraconducto. (3)

Para la limpieza de los conductos pueden utilizarse diferentes concentraciones de hipoclorito sódico (NaOCl), como pueden ser, 6%, 5.25%, 2.5% y 1.25%. También puede complementarse con el uso de diferentes concentraciones de clorhexidina (CHX), como son, al 2% y al 0.2%. (4)

Se ha visto que una concentración muy elevada de NaOCl impide la adhesión de las células madre a la superficie dentinaria y produce toxicidad en las células madres de la papila apical. Igualmente se ha observado que el uso de clorhexidina al 2% es lo más tóxico para las células madres de la papila apical. (4)

En algunos de los casos expuestos por Khoshkhounejad M. y col. en 2015, la irrigación con hipoclorito fue seguida de suero salino, y, aunque a los seis meses no había evidencia radiográfica del engrosamiento de las paredes o de la continuación del desarrollo radicular, sí era notoria una evidente calcificación intraconducto. (4)

En cambio, otro caso expuesto en la literatura donde también se utilizó como irrigación el hipoclorito al 5.25% y el suero salino, se pudo ver en la revisión que el diente estaba asintomático y mostraba signos de engrosamiento de las paredes dentinarias y continuación del cierre apical. (17)

El hipoclorito sódico no es biocompatible y como se ha dicho, puede dañar las células madres de la papila apical e impedir la unión celular a superficie radicular. Por ello, si va a ser utilizado en terapia regenerativa, es conveniente irrigar seguidamente con suero salino, con el propósito de reducir cualquier toxicidad persistente que pueda reducir la respuesta regenerativa. (9)

Sin embargo, en uno de los casos llevado a cabo por Jadhav GR y cols. en 2013, la irrigación empleada fue solamente NaOCl al 2.5% , obteniéndose excelentes resultados en cuanto al cierre y desarrollo apical. (12)

En la apexificación, el hidróxido de calcio es usado como medicación intraconducto, el cual debe ser reemplazado cada tres meses, y es necesario un periodo de seguimiento largo. Este periodo incrementa la posibilidad de fractura radicular y aparición de defectos en las paredes radiculares debido a su porosidad. (16)

Otra medicación intraconducto es la pasta triantibiótica, compuesta por ciprofloxacino, metronidazol y minociclina, la cual se ha visto ser efectiva en la eliminación de patógenos endodóncicos. (3)

Aunque algunos autores proponen la combinación de 200mg de ciprofloxacino, 500mg de metronidazol y 100mg de minociclina (9), en el caso expuesto por GS Sachdeva y cols. en 2014, se utilizó la combinación de los tres componentes en la misma proporción junto con agua destilada. A los siete meses de seguimiento, la paciente estaba asintomática y sin signos clínicos de infección. (17)

Ding RY y cols. en su estudio de 2009 colocaron la mezcla de pasta triantibiótica en el canal radicular durante siete días. En la siguiente visita, cuando la pasta fue removida, se confirmó que el diente estaba asintomático y en ausencia de exudado. (10)

El problema de la pasta triantibiótica es que uno de sus componentes, la minociclina, es la principal causante de decoloración en el diente. La minociclina puede penetrar a través de los túbulos dentinarios, y puede integrarse en la estructura cristalina del diente. Por ello, la administración de minociclina está contraindicada en mujeres embarazadas que están en su tercer trimestre de embarazo o en niños menores de ocho

años, además de por la reducción del crecimiento óseo y la amelogenesis imperfecta que puede causar. (16)

Como método para prevenir la decoloración dental, Lee B-N y cols. en su artículo de 2015, proponen sellar la pared dentinaria de la corona con resina fluida antes de la aplicación de la pasta triantibiótica. Otro método es introducir los antibióticos retrógradamente con una aguja de calibre veinte para minimizar el contacto con la parte coronal del diente. También puede sustituirse la minociclina por cefaclor, una amoxicilina, aunque esta puede producir reacciones alérgicas. (16)

Estudios recientes han evaluado otras mezclas antibióticas de penicilina, bacitracina y cloranfenicol con estreptomycin (pasta poliantibiótica de Grossman) y neomicina, polimixina y nistatina. Pero se demostró muy baja eficacia al utilizarlas como medicación intraconducto. (3)

Respecto al andamiaje necesario para promover el crecimiento y la diferenciación celular, lo ideal es uno que una selectivamente y localice células, contenga factores de crecimiento y que sufra biodegradación en un periodo de tiempo. (3, 17)

Recientes estudios en endodoncia regenerativa utilizan el coágulo de sangre como andamiaje con el resultante incremento de concentración de moléculas de crecimiento. Sin embargo, recientemente, los concentrados de plaquetas han demostrado su utilidad en regeneración ya que comprenden un aumento de la concentración de factores del crecimiento y de la proliferación celular con el tiempo en comparación con el coágulo de sangre. (11)

Ding RY y cols. en su estudio, utilizaron una lima del 40 para producir el sangrado en el canal radicular. (10)

Una limitación de este método es que la concentración y la composición de las células atrapadas en el coágulo son impredecibles. (17)

Jadhav GR y cols. en 2013, tras producir el sangrado, introdujeron en el canal radicular la preparación de PRP que habían obtenido previamente. (12)

Faizuddin U y cols. en su estudio de 2015, utilizaron como matriz de andamiaje un preparado de PRF que habían obtenido del paciente con anterioridad. (15)

Aunque ambos casos resultaron exitosos, los preparados de PRF han demostrado tener mayores ventajas sobre los preparados tradicionales de PRP; son más fáciles de preparar y carecen de manejo biomecánico de la sangre, lo cual hace que esta preparación sea estrictamente autóloga. (15)

Sobre la matriz de andamiaje se coloca MTA para aislar el canal radicular del exterior, además, este material proporciona moléculas que ayudan al crecimiento de las células madre. (15, 17)

El tratamiento de revascularización tiene algunos inconvenientes, como son, la extracción de sangre en pacientes jóvenes, la habilidad del operador, el cumplimiento del paciente, la necesidad de un equipo y medicación para obtener los preparados de plaquetas así como el coste adicional del tratamiento por el uso de éstos, y la decoloración como resultado del uso de minociclina en la pasta triantibiótica. (17)

Aun así, los resultados de los estudios indican que el tratamiento endodóncico regenerativo tiene la ventaja de promover el desarrollo radicular y el engrosamiento de las paredes dentinarias mediante el depósito de tejido duro en comparación al proceso tradicional de apexificación, donde el hidróxido de calcio debilita la raíz, incrementando así la posibilidad de fractura. El MTA, propuesto como alternativa al hidróxido de calcio, tampoco fortalece la raíz ni promueve su desarrollo, resultando ésta delgada y frágil. (16)

## 7. CONCLUSIONES

- I. El diente debe ser permanente y encontrarse en una etapa de inmadurez radicular con ápice abierto, siendo lo ideal un diámetro de al menos 1.1mm.
- II. Este tratamiento debería realizarse en pacientes de entre 6 y 18 años, ya que tienen mayor potencial de regeneración tisular, excluyendo pacientes con el ápice cerrado.
- III. La desinfección de los conductos mediante el uso de medicación intraconducto adicional al hipoclorito sódico es de vital importancia para el desarrollo de nuevos tejidos.
- IV. En términos de cambios en el grosor radicular, la pasta triantibiótica produce un crecimiento significativamente mayor en el grosor de las paredes dentinarias comparado con el hidróxido de calcio.
- V. En necesaria una matriz de andamiaje que promueva el desarrollo y diferenciación tisular.
- VI. La fibrina rica en plaquetas como matriz de andamiaje muestra una significativa curación periapical, crecimiento radicular y engrosamiento de las paredes dentinarias en comparación al coágulo y al PRP.
- VII. Como principales ventajas de la terapia de revascularización en comparación a la técnica tradicional de apexificación podemos decir, pocas sesiones, fácil aplicación, desarrollo tanto en longitud como en grosor de la raíz.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. González V, Madrid K, Amador E. Revascularización en dientes permanentes con ápice inmaduro y necrosis pulpar: Revisión bibliográfica. *Adm.* 2014;71(3):110-4.
2. Nagy MM, Tawfik HE, Hashem AAR, Abu-Seida AM. Regenerative potential of immature permanent teeth with necrotic pulps after different regenerative protocols. *J Endod.* Elsevier Ltd; 2014;40(2):192-8.
3. Neha K, Kansal R, Garg P, Joshi R, Garg D, Grover H-S. Management of immature teeth by dentin-pulp regeneration: a recent approach. *Med oral, Patol oral y Cirugía bucal.* Noviembre de 2011;16(7):e997-1004.
4. Khoshkhounejad M, Shokouhinejad N, Pirmoazen S. Regenerative Endodontic Treatment: Report of Two Cases with Different Clinical Management and Outcomes. *J Dent (Tehran).* Junio de 2015;12(6):460-8.
5. Moreno-Hidalgo MC, Caleza-Jimenez C, Mendoza-Mendoza A, Iglesias-Linares A. Revascularization of immature permanent teeth with apical periodontitis. *Int Endod J.* Abril de 2014;47(4):321-31.
6. Paniagua MI. Revascularización pulpar de un incisivo central permanente con ápice inmaduro. *CES Odontol.* 2010;23(1):45-8.
7. Iglesias Linares A, Mendoza-Mendoza A. Apicogénesis inducida mediante terapia celular con células madres en el diente inmaduro con tejido pulpar afectado. En: García Ballesta C, Mendoza-Mendoza A, editores. *Traumatología oral: diagnóstico y tratamiento integral: soluciones estéticas.* Madrid; 2012. p. 165-75.
8. Gancedo Caravia L. Ápice abierto. En: García Barbero J, editor. *Patología y terapéutica dental: operatoria dental y endodoncia.* 2ª Edición. Barcelona: Elsevier; 2015. p. 612-5.
9. Garcia-Godoy F, Murray PE. Recommendations for using regenerative endodontic procedures in permanent immature traumatized teeth. *Dent Traumatol.* Febrero de 2012;28(1):33-41.

10. Ding RY, Cheung GS, Chen J, Yin XZ, Wang QQ, Zhang CF. Pulp revascularization of immature teeth with apical periodontitis: a clinical study. *J Endod.* Mayo de 2009;35(5):745-9.
11. Narang I, Mittal N, Mishra N. A comparative evaluation of the blood clot, platelet-rich plasma, and platelet-rich fibrin in regeneration of necrotic immature permanent teeth: A clinical study. *Contemp Clin Dent.* Enero de 2015; 6(1):63-8.
12. Jadhav GR, Shah N, Logani A. Comparative outcome of revascularization in bilateral, non-vital, immature maxillary anterior teeth supplemented with or without platelet rich plasma: A case series. *J Conserv Dent.* Noviembre de 2013;16(6):568-72.
13. Canalda Sahli C. Tratamiento del diente con el ápice inmaduro. En: Canalda Sahli C, Brau Aguadé E, editores. *Endodoncia Técnicas clínicas y bases científicas.* 3ª Edición. Barcelona: Elsevier Masson; 2014. p. 266-8.
14. Hargreaves KM, Law AS. Endodoncia regenerativa. En: Hargreaves KM, Cohen S, editores. *Vías de la pulpa.* 10ª Edición. Barcelona: Elsevier Mosby; 2011. p. 602-19.
15. Faizuddin U, Solomon RV, Mattapathi J, Guniganti SS. Revitalization of traumatized immature tooth with platelet-rich fibrin. *Contemp Clin Dent.* Enero de 2015; 6(4):574-6.
16. Lee B-N, Moon J-W, Chang H-S, Hwang I-N, Oh W-M, Hwang Y-C, et al. A review of the regenerative endodontic treatment procedure. *Restor Dent Endod.* 2015; 40 (3):179-87.
17. Sachdeva GS, Sachdeva LT, Goel M, Bala S. Regenerative endodontic treatment of an immature tooth with a necrotic pulp and apical periodontitis using platelet-rich plasma (PRP) and mineral trioxide aggregate (MTA): A case report. *Int Endod J.* 2014;902-10.