



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO



**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

EFICACIA DEL HIDRÓXIDO DE CALCIO EN  
COMBINACIÓN CON DIFERENTES VEHÍCULOS COMO  
MEDICAMENTO INTRA CONDUCTO.

**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:

DIANA PAMELA CONTLA SALAZAR

TUTOR: DR. RAÚL LUIS GARCÍA ARANDA

ASESOR: Esp. JUAN MARTÍNEZ HERNÁNDEZ

MÉXICO, D.F.

2011



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.

### *A mi familia*

*Porque el orgullo que sienten por mí, fue lo que me hizo ir hasta el final. Gracias por lo que han hecho de mí, por haber fomentado en mí el deseo de superación y el anhelo de triunfo en la vida.*

### *A mi madre*

*Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.  
Este logro es para ti y por ti.*

### *A mi padre*

*Por los ejemplos de entereza y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.*

### *A mi hermano*

*Gracias por ser mi amigo, por compartir conmigo alegrías y tristezas, y por ser mi compañero para toda la vida. Esta es una muestra de que podemos lograr lo que nos proponemos.  
Te amo.*

*A mis familiares*

*En especial a mis abuelitos (Chelo, Andrés, Raúl † y María Luisa †), este logro se los dedico a ustedes, porque ustedes son la base de la persona que soy.*

*A Jorge*

*Gracias por tu apoyo incondicional, por tus incontables muestras de cariño y por la sincera amistad que me ofrecés. Felicidades por que también estás cumpliendo uno de tus objetivos. ¡Nunca te detengas!*

*A mis amigos*

*Alma Carrillo, Daniel Huerta, Inocelyn Benavides y Leslie Labra: Gracias por su amistad, por estar en los momentos en los que los he necesitado y por su cariño.*

*Gracias a mis amigas Hilda Martínez y Valeria Ramírez que nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional y que son ejemplo de perseverancia.*

*A la Universidad Nacional Autónoma de México  
y en especial a la Facultad de Odontología que me  
dieron la oportunidad de formar parte de ellas y que me  
hacen una orgullosa y preparada egresada de la  
U.N.A.M. Porque es un honor y un privilegio  
haber estudiado en la máxima casa de estudios de mi país.*

*Agradezco al  
Dr. Raúl Luis García Frando,  
por ser mi ejemplo profesional a seguir y  
por todo el apoyo brindado para la  
realización de este trabajo.*

*A la Dra. Esther y a Don Mario  
por brindarme su confianza, su apoyo y  
por abrigarme como alguien más de su  
familia. Gracias por brindarme la  
oportunidad de trabajar sin descuidar mis  
estudios.*

# ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	7
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	8
<b>3. MARCO TEÓRICO</b> .....	9
<b>3.1. Antecedentes</b> .....	10
<b>3.2. Características físicas y químicas del CaOH<sub>2</sub></b> .....	14
<b>3.3. Propiedades del CaOH<sub>2</sub></b> .....	16
<b>3.4. Ventajas del CaOH<sub>2</sub></b> .....	17
<b>3.5. Mecanismo de acción del CaOH<sub>2</sub></b> .....	17
<b>3.6. Aplicaciones del CaOH<sub>2</sub> en la práctica endodóncica</b> .....	18
<b>3.6.1. Solución irrigadora</b> .....	18
<b>3.6.2. Cemento sellador</b> .....	20
<b>3.6.3. Protecciones pulpares</b> .....	21
<b>3.6.3.1. Recubrimiento pulpar indirecto</b> .....	21
<b>3.6.3.2. Recubrimiento pulpar directo</b> .....	21
<b>3.6.4. Apexificación</b> .....	23
<b>3.6.5. Apexogénesis</b> .....	24
<b>3.6.6. Tratamiento de reabsorciones</b> .....	25
<b>3.7. El Hidróxido de Calcio como medicación intraconducto</b> .....	28
<b>3.8. Vehículos empleados</b> .....	32
<b>3.8.1. Acuosos</b> .....	35
<b>3.8.1.1. Agua destilada</b> .....	35
<b>3.8.1.2. Clorhexidina</b> .....	36
<b>3.8.1.3. Paramonoclorofenol alcanforado</b> .....	39
<b>3.8.1.4. Solución fisiológica</b> .....	40
<b>3.8.1.5. Anestésicos</b> .....	41
<b>3.8.2. Viscosos</b> .....	42
<b>3.8.2.1. Propilenglicol</b> .....	43
<b>3.8.2.2. Polietilenglicol</b> .....	44

3.8.3. Aceitosos .....	45
4. DISCUSIÓN.....	46
6. CONCLUSIONES .....	50
7. FUENTES DE INFORMACIÓN.....	51



## 1. INTRODUCCIÓN

El éxito de un tratamiento endodóntico tiene como base la limpieza y desinfección, la conformación del sistema de conductos y su obturación tridimensional.

El hidróxido de calcio  $[Ca(OH)_2]$  es una de las sustancias más utilizadas en endodoncia desde su introducción por Hermann en 1920. Es un polvo blanco, con gran efecto antimicrobiano con base a su pH alcalino que permite la liberación de los iones hidroxilo, que son capaces de alterar la integridad de la membrana citoplasmática de las bacterias. Su capacidad del cambio del pH en las paredes dentinarias es lenta y depende principalmente de los factores que alteran la disociación y difusión iónica, como son las características del vehículo empleado, el cuál le va a permitir disociarse y difundirse rápidamente a fin de potencializar su efecto antimicrobiano principalmente contra las bacterias Gram-.

La clave para el éxito en el tratamiento de conductos radiculares consiste en la adecuada limpieza del sistema de conductos radiculares, por lo que es importante conocer la evidencia científica que nos permita escoger el vehículo idóneo combinado con hidróxido de calcio con el objetivo de obtener mejores resultados en la fase de limpieza y desinfección.



## 2. OBJETIVOS

- Identificar con que vehículo el hidróxido de calcio logra una mejor disociación de iones calcio e hidroxilo.
- Analizar el tiempo en que la medicación de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  combinado con diferentes vehículos produce una mayor disociación iónica.
- Evaluar si existe sinergismo antibacteriano al asociar el  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  a vehículos acuosos, viscosos y oleosos.



### 3. MARCO TEÓRICO

La disciplina de la Endodoncia experimenta actualmente, uno de los mayores adelantos científicos de su historia. La vasta experiencia clínica de destacados profesionales, los nuevos métodos de tratamiento de conductos radiculares, el uso de localizadores electrónicos de foramen, la fabricación de nuevos instrumentos endodóncicos, especialmente los confeccionados con aleación de níquel titanio accionados a motor y el uso del microscopio operatorio, le proporcionan a la Endodoncia, un verdadero perfeccionamiento técnico.

Sin embargo, al mismo tiempo, de esa evolución técnica, no se pueden dejar de lado los principios biológicos que fundamentan la Endodoncia. Los procedimientos de antisepsia en endodoncia cobran una significación especial, la ausencia de gérmenes tiene una importancia capital en el buen resultado de los tratamientos realizados en el campo de esta especialidad. Numerosos han sido los medicamentos que se han empleado con este fin. Dentro de esta amplia gama de agentes se encuentra el hidróxido de calcio, cuyo uso en odontología ha despertado recientemente un interés considerable<sup>(26)</sup>.

El hidróxido de calcio es uno de los medicamentos que presenta un mayor número de aplicaciones en la terapia endodóncica. La diversidad de situaciones clínicas donde pudiera ser empleado, ha sido enumerada, notándose que a pesar de los diferentes estudios, todavía existen discusiones y controversia acerca de este medicamento, sin embargo su biocompatibilidad es ampliamente reconocida.



### 3.1. Antecedentes

Aunque la referencia más antigua sobre el  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  se atribuye a Nygren en 1838 para el tratamiento de “*fistula dentalis*”<sup>(18)</sup>, su desarrollo en la práctica odontológica actual comienza en 1920 cuando B.W. Hermann lo introdujo como agente para la pulpotomía y fue denominado Calxyl<sup>(3)</sup>.

Sin embargo, fue Rhoner<sup>(21)</sup> quién en 1940, realizó el primer trabajo histológico en dientes humanos que demostró después de pulpotomía y de la obturación de los conductos radiculares con calxyl, la formación de una barrera mineralizada en el ápice radicular.

En los últimos 20 años se ha hecho más popular en endodoncia y ha tenido éxito en diversas situaciones clínicas. Actualmente constituye un medicamento endodóncico eficaz.

El uso del hidróxido de calcio en endodoncia abarca diversas situaciones clínicas; su aplicación se ha expandido incluso por su adición a fórmulas de muchos materiales, como bases dentinarias, agentes recubridores pulpaes, materiales de obturación temporal del conducto radicular y cementos selladores de conductos radiculares.

Dentro de la diversidad de presentaciones comerciales más conocidas que contienen al hidróxido de calcio como componente básico, podemos mencionar a los siguientes productos <sup>fig.1-18</sup>: Dycal, Pasta L & C, Sealer 26 (Dentsply®); Life, Sealapex (Kerr-Sybron®); Ultracal, Ultra-Blend (Ultradent®); Calxyl (Otto & Co.®); Pulpdent (Pulpdent Corp.®); Hypo-cal (Ellman Co.®); Vitapex (Neo Dental International Products®); Calasept (Scania Dental®);

Calciobiotic (Hygienic<sup>®</sup>); Apexit (Vivadent<sup>®</sup>); Endoflas FS (Sanlor Laboratories<sup>®</sup>); CaOH<sub>2</sub>, Calcium Hydroxide (Densell<sup>®</sup>); Calciur (VOCO<sup>®</sup>).



Fig 1. Dycal (Dentsply<sup>®</sup>)



Fig 2. Pasta L & C (Dentsply<sup>®</sup>)



Fig 3. Sealer 26 (Dentsply<sup>®</sup>)



Fig 4. Life (Kerr-Sybron<sup>®</sup>)



Fig 5. Sealapex (Kerr-Sybron<sup>®</sup>)

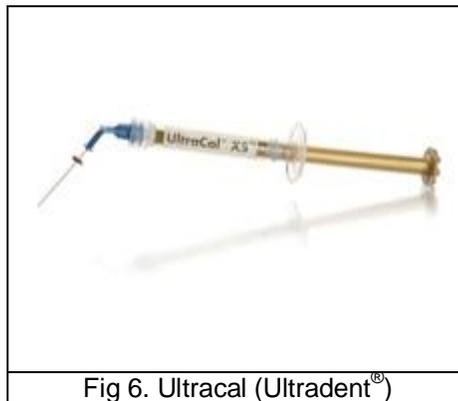


Fig 6. Ultracal (Ultradent<sup>®</sup>)



Fig 7. Ultra-Blend (Ultradent®)



Fig 8. Calxyl (Otto & Co.®)



Fig 9. Pulpdent (Pulpdent Corp.®)



Fig 10. Hypo-cal (Ellman Co.®)

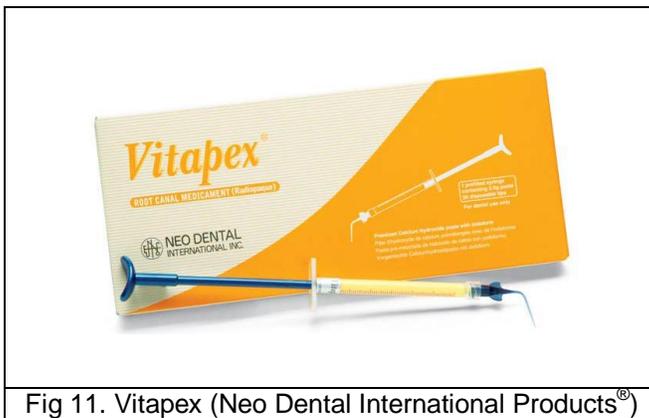


Fig 11. Vitapex (Neo Dental International Products®)

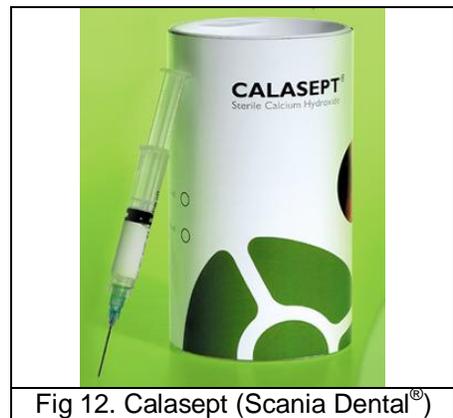


Fig 12. Calasept (Scania Dental®)



Fig 13. Calciobiotic (Hygienic<sup>®</sup>)



Fig 14. Apexit (Vivadent<sup>®</sup>)



Fig 15. Endoflas FS (Sanlor Laboratories<sup>®</sup>)



Fig 16. Ca(OH)<sub>2</sub> (Densell<sup>®</sup>)



Fig 17. Calcium Hydroxide (Densell<sup>®</sup>)



Fig 18. Calcicur (VOCO<sup>®</sup>)



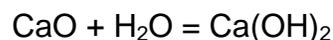
Al ser introducido el hidróxido de calcio en odontología como un preparado comercial, se complementó con algunas sustancias con la intención de mejorar sus propiedades. Sin embargo, se prefiere su uso químicamente puro, ya que se piensa que los ingredientes de sus preparados comerciales pueden retardar la acción que se persigue con su aplicación<sup>(23)</sup>.

Según Rivas y col. (1979) existen dos tipos de preparados comerciales fraguables de hidróxido de calcio: los hidrofílicos, o sea, aquellos que se solubilizan en un medio acuoso, liberando hidróxido de calcio y los hidrofóbicos (tipo parafina) que no permiten la difusión de agua en su estructura y, por lo tanto, no liberan hidróxido de calcio<sup>(23)</sup>.

### 3.2. Características físicas y químicas del $\text{CaOH}_2$

El carbonato de calcio puro, tiene dos formas cristalinas, la calcita que es hexagonal, que cuando contiene impurezas constituye el mármol y la aragonita de forma romboédrica.

Cuando se calienta, elimina dióxido de carbono y forma cal ( $\text{CaO}$ ). Al añadirle agua a este último se forma hidróxido de calcio ( $\text{CaOH}_2$ )<sup>(10)</sup>, con una reacción exotérmica con una doble expansión volumétrica.



Compuesto altamente inestable, que al entrar en contacto con dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) regresa a su estado de carbonato de calcio<sup>(6)</sup>, generalmente en su forma cristalina hexagonal o calcita insoluble. El carbonato de calcio es

relativamente muy hidrosoluble y posee un pH de 8. Se ha demostrado que la transformación se lleva a cabo con extrema lentitud, pero se recomienda tener bien cerrado el frasco que lo contenga o, lo que es mejor, guardarlo cubierto por agua hervida en un frasco ámbar bien cerrado<sup>(20)</sup>. El hidróxido de calcio en solución acuosa forma un líquido transparente, que obtiene su característico color blanquecino al precipitar el carbonato de calcio insoluble.

Se presenta como un polvo blanco <sup>fig.19</sup>, poco soluble en agua (solubilidad de 1.2 g/l a 25°C de temperatura). La solubilidad disminuye a medida que aumenta la temperatura y es insoluble en alcohol. En una solución saturada, se produce su disociación iónica con liberación de iones hidroxilo (OH<sup>-</sup>) e iones de calcio (Ca<sup>2+</sup>), con un pH comprendido entre 12.5 y 12.8<sup>(4)</sup>.



Fig 19. Hidróxido de calcio químicamente puro

El hidróxido de calcio es un electrolito fuerte, es decir se ioniza completamente de manera irreversible, por lo tanto, la ionización no depende del pH. Lo que si depende del pH es la disolución del hidróxido de calcio, ya que es más soluble a medida que baja el pH.



### 3.3. Propiedades del $\text{CaOH}_2$

- Estimula la calcificación activando los procesos reparativos por acción de los osteoblastos al aumentar el pH en los tejidos dentales<sup>(11)</sup>; se cree que dicho cambio de pH es beneficioso porque además inhibe la actividad osteoclástica.
- Es antibacteriano<sup>(11)</sup>, el elevado pH baja la concentración de iones hidrógeno y la actividad enzimática de la bacteria es inhibida. Puede “esterilizar” hasta un 88% del sistema de conductos radiculares<sup>(14)</sup>.
- Disminuye el edema.
- Acción higroscópica (controla el exudado): una alta concentración de iones calcio disminuye la permeabilidad capilar, lo que se traduce en la disminución de la extravasación del plasma. Disminuye el extravasamiento de líquido de los capilares, y por tanto, la cantidad de líquido intercelular, controla la formación de exudado, por eso en los procesos inflamatorios disminuye el dolor<sup>(26)</sup>.
- Forma una barrera mecánica de cicatrización apical: activa enzimas como la fosfatasa alcalina, la adenosina trifosfata y la pirofosfatasa calcio dependiente que favorecen el mecanismo de reparación apical y el proceso de mineralización<sup>(26)</sup>.
- Sellado del sistema de conductos radiculares<sup>(10)</sup>.
- Disminuye la sensibilidad<sup>(11)</sup>, por su efecto sobre la fibra nerviosa.



- Acción antiinflamatoria: debido a su acción higroscópica, a la formación de puentes de calcio-proteínas, la cual previene la salida de exudado desde los vasos sanguíneos, y por la inhibición de la fosfolipasa con lo cual disminuye la lisis celular y consecuentemente la liberación de prostaglandinas<sup>(26)</sup>.

### 3.4. Ventajas del $\text{CaOH}_2$

Además de todas las propiedades nombradas, el hidróxido de calcio es un material de fácil manipulación, difusión y aplicación, bajo costo y amplio mercado en el país.

### 3.5. Mecanismo de acción del $\text{CaOH}_2$

Paradójicamente a pesar de los múltiples usos que tiene el hidróxido de calcio es una de las sustancias cuyo mecanismo de acción no está bien comprendido, ni sustentado.

Las dos propiedades más importantes que tiene el hidróxido de calcio son la inhibición de enzimas bacterianas (efecto antimicrobiano) y la activación de enzimas del tejido como la fosfatasa alcalina (efecto mineralizante).

Su alto pH inhibe actividades esenciales de las enzimas como: el metabolismo, el crecimiento y la división celular. La influencia del pH altera la integridad de la membrana del citoplasma, rompiendo los componentes orgánicos (proteínas y fosfolípidos) y el transporte de los nutrientes<sup>(8)</sup>.



El hidróxido de calcio actúa por disociación iónica de este medicamento en iones calcio e hidroxilo. A los productos de esta reacción química se les atribuyen sus efectos biológicos, los cuales difiere en tejidos vitales de necróticos.

Se dice que en los tejidos vitales induce la formación de tejidos duros debido a la liberación de iones calcio y que en los tejidos necróticos tiene un efecto desinfectante por su gran capacidad antibacteriana relacionada con la liberación de iones hidroxilo<sup>(19)</sup>.

Algunos autores ven en estas acciones, un efecto antagónico y paradójal, al ser innegable que el hidróxido de calcio mata las células del organismo, produce una necrosis superficial de los tejidos y además induce la calcificación tanto del tejido pulpar como del periodonto del área de influencia del conducto radicular<sup>(10)</sup>.

### **3.6. Aplicaciones del $\text{CaOH}_2$ en la práctica endodóncica**

#### **3.6.1. Solución irrigadora**

La erradicación de los microorganismos presentes en los conductos radiculares se lleva a cabo a través de la eliminación de los restos de tejido pulpar y de material orgánico alojados dentro del sistema de conductos radiculares.

Esto se logra con la preparación químico-mecánica del mismo y se ha comprobado que este procedimiento permite eliminar una gran cantidad de microorganismos, aunque pueden algunos quedar atrapados en zonas que



por su anatomía compleja no pueden ser preparados (túbulos dentinarios, conductos accesorios, etc.), por este motivo es necesario utilizar agentes capaces de eliminar a los microorganismos. Para este fin se utilizan los medicamentos intraconducto, los cuales tienen como objetivo la eliminación o disminución de la flora bacteriana, la prevención y disminución del dolor, la reducción de la inflamación y la estimulación de la reparación periapical, además del arrastre mecánico tanto del barrillo dentinario como de los microorganismos.

Las soluciones irrigantes más utilizadas y que han demostrado efectividad al paso del tiempo son: hipoclorito del sodio al 5%, hidróxido de calcio, solución salina, anestésico, combinaciones del hipoclorito de sodio alternadas con agua oxigenada, etc.<sup>(12)</sup>.

Otra de las propiedades que se le ha atribuido al hidróxido de calcio es la habilidad para disolver tejidos orgánicos<sup>(1)</sup> por lo que también podría utilizarse con un vehículo acuoso como solución irrigante durante la práctica endodóncica.

Un estudio realizado por Furuya (2006), arrojó en los resultados que el efecto bactericida del hidróxido de calcio con clorhexidina al 5% tiene mejor efectividad que la solución de hidróxido de calcio con hipoclorito al 5%, con lo que pudo demostrar que sí se logra un sinergismo en la actividad antimicrobiana al mezclar hidróxido de calcio con clorhexidina<sup>(12)</sup>.

De acuerdo con algunos estudios parece ser que la mezcla del hidróxido de calcio con algunos irrigantes tiene una mejor efectividad que el hidróxido de calcio mezclado con solución salina.



Aunque el hidróxido de calcio sea una sustancia ampliamente usada en endodoncia, su utilización en forma de solución para la irrigación del sistema de conductos radiculares es limitada. Su efecto sobre la limpieza es sólo mecánica y por el corto tiempo que dura en el conducto no tiene el poder antimicrobiano deseado<sup>(1)</sup>.

La capacidad del  $\text{Ca(OH)}_2$  para disolver tejidos ha sido atribuida a su efecto proteolítico. Sin embargo al estudiar el tiempo que necesita para disolver el tejido pulpar se encontró que un fragmento de 0.0065 g de pulpa puede ser disuelto por el hidróxido de calcio en un periodo de una semana, en tanto que al hipoclorito de sodio al 2% le toma 2 horas por lo que el efecto disolvente de tejidos del  $\text{Ca(OH)}_2$  al ser utilizado como irrigante es casi nulo<sup>(11)</sup>.

### 3.6.2. Cemento sellador

El propósito de un cemento sellador es el de rellenar los espacios irregulares entre las paredes del conducto y los conos de gutapercha, así como también los que existen entre estos<sup>(2)</sup>. Además la obturación permanente del canal con un material como la gutapercha combinada con un sellador de conductos previene la infección recurrente y promueve la reparación de los tejidos periapicales.

Los cementos selladores a base de hidróxido de calcio se introdujeron como hidróxido de calcio adicionado al óxido de zinc y eugenol o a una base plástica<sup>(8)</sup>. Se dice que tienen buenas propiedades biológicas que estimulan una barrera apical<sup>(8)</sup>.



### **3.6.3. Protecciones pulpares**

#### **3.6.3.1. Recubrimiento pulpar indirecto**

El recubrimiento pulpar indirecto según Torneck (1991) comprende la eliminación de la caries del piso de la cavidad sin que ocurra la exposición clínica de la pulpa dental, tratándose la dentina, de tal modo que permita la recuperación de la pulpa lesionada por el proceso carioso<sup>(13)</sup>. Este procedimiento es aplicable, cuando no ha existido el antecedente de dolor espontáneo intenso.

El recubrimiento pulpar indirecto consiste en hacer actuar un medicamento sobre la pulpa todavía cubierta de dentina, conservando así vital la pulpa y estimulándola para formar dentina secundaria<sup>(2)</sup>.

El hidróxido de calcio provee protección mediante sus propiedades antibacterianas y su capacidad para reducir la permeabilidad dentinaria.

Hattysi (1966) recuerda que ningún fármaco tiene el poder dentinogénico<sup>(23)</sup> del hidróxido de calcio, y aunque quede dentina alterada, siempre será mejor la protección indirecta que la directa.

#### **3.6.3.2. Recubrimiento pulpar directo**

El recubrimiento pulpar directo consiste en la eliminación de la lesión de caries de la base de una cavidad, al punto que se expone el espacio pulpar, con la colocación posterior de un medicamento para proteger el tejido pulpar remanente. Esta exposición también puede ocurrir por traumatismos o por



accidentes iatrogénicos. Es una condición importante que no exista el antecedente de dolor espontáneo y persistente<sup>(23)</sup>. Así mismo, Lasala (1992) indica que la finalidad de la colocación del medicamento en contacto con una pulpa expuesta es inducir a la cicatrización de la lesión y preservar la vitalidad pulpar.

El mecanismo por el cual el hidróxido de calcio genera un puente dentinario no está claro, pero se le atribuye su efecto a su acción cáustica, debido a su alto pH, cuando se solubiliza y a la inducción de una necrosis superficial controlada<sup>(11)</sup>.

El hidróxido de calcio mezclado con agua e hidróxido de calcio mezclado con solución salina y presenta las zonas descritas<sup>(11)</sup>:

- 1- Zona de obliteración: puede observarse después de una hora de contacto entre el hidróxido de calcio y el tejido pulpar, se observan cambios histológicos iniciales debido al efecto cáustico del medicamento. Esta zona está compuesta por restos celulares, fragmentos de dentina, hemorragia, coágulos de sangre, pigmentos sanguíneos y partículas de hidróxido de calcio.
- 2- Zona de necrosis por coagulación: representa al tejido desvitalizado sin completa obliteración de su arquitectura estructural. Aunque las características celulares han disminuido, se pueden reconocer capilares, fibras nerviosas y núcleos picnóticos.
- 3- Línea de demarcación: se desarrolla entre el área de necrosis por coagulación y el tejido pulpar vital subyacente. La capa de tejido con necrosis causa una estimulación ligera pero suficiente para que el tejido pulpar vital responda con todo su potencial reparador. La



migración de células inflamatorias hacia el interior de la herida, puede comenzar seis horas después de la agresión.

- 4- Zona densa: es la etapa inicial de la formación del puente calcificado. Una densa acumulación de fibras de tejido conjuntivo, es seguida de la formación de colágeno. Esta zona es rica en células, como las mesenquimatosas indiferenciadas y fibroblastos. Estas células proliferan y gradualmente se diferencian en preodontoblastos y odontoblastos.
- 5- Calcificación del puente: ocurre después de que la predentina se ha desarrollado. Puede suceder tanto por dentina atubular irregular (reparadora) como por dentina tubular, y esto depende de la capacidad de la pulpa para diferenciar las células formadoras de matriz calcificada como fibroblastos e histiocitos.

Al ser aplicado sobre una pulpa vital, su acción cáustica provoca una zona de necrosis estéril y superficial con hemólisis y coagulación de las albúminas, quedando atenuada por la formación de una capa subyacente compacta, compuesta de carbonato de calcio, debida al  $\text{CO}_2$  de los tejidos y de proteínas, producto de la estimulación dentinaria<sup>(20, 23)</sup>.

#### **3.6.4. Apexificación**

La apexificación o apicoformación es el tratamiento endodóncico radicular que busca inducir el cierre apical mediante la formación de tejido mineralizado en dientes necróticos con formación radicular incompleta, con el fin de lograr un adecuado tope apical que permita la obturación satisfactoria del conducto radicular. Este procedimiento era realizado con recambios



mensuales de hidróxido de calcio hasta obtener el cierre biológico llevando el tratamiento a periodos prolongados de hasta 18 meses.

En la actualidad y con la utilización del MTA, es posible realizar la apexificación en una o dos sesiones aplicándolo como sellador apical para inducir la neoformación de tejido mineralizado que debe ser precedida por una medicación intraconducto con hidróxido de calcio por una semana, especialmente en los órganos dentarios con lesión periapical crónica.

Es importante considerar que la vaina epitelial de Hertwig de estos órganos dentarios con necrosis pulpar se encuentra cesada de sus actividades y que algunos autores afirman que permanece intacta inclusive ante la presencia de lesiones periapicales, reactivando una vez cesado el proceso infeccioso su acción formadora<sup>(30)</sup>.

### **3.6.5. Apexogénesis**

La apexogénesis o apicogénesis se define como el desarrollo final radicular fisiológico. Está indicada cuando la pulpa vital de un diente se expone y existen dos condiciones especiales:

1. La pulpa no esté irreversiblemente inflamada
2. El desarrollo apical y el cierre es incompleto

Esto involucra una remoción de la pulpa coronal afectada pero permite que la pulpa sana remanente lleve a un desarrollo y formación apical normal.

El procedimiento es el de una la pulpotomía con aplicación de hidróxido de calcio y cuanto antes sea aplicada, mejor es el pronóstico de mantener la vitalidad de la pulpa radicular<sup>(19)</sup>.



Las metas de la apexogénesis son las siguientes<sup>(26)</sup>:

1. Sostener un epitelio de Hertwig viable y de esta forma permitir un desarrollo continuo de la longitud radicular
2. Mantener su vitalidad pulpa
3. Promover el cierre del final radicular y que de esta forma se cree una constricción apical natural para el posterior tratamiento endodóncico

El tiempo total para conseguir las metas de la apexogénesis varía de 1 a 2 años, dependiendo en primer lugar de la extensión del desarrollo radicular en el momento del procedimiento de la pulpotomía. Se tiene que dar seguimiento radiográfico con intervalos de 3 meses para determinar la extensión de la maduración apical<sup>(20)</sup>.

Una vez que se ha logrado el cierre apical, se recomienda efectuar el tratamiento endodóncico, aunque en opinión de algunos autores si la pulpa permanece vital, asintomática y se ha creado el puente dentinario puede dejarse la pulpa radicular intacta y restaurar el diente definitivamente.

### **3.6.6. Tratamiento de reabsorciones**

Las reabsorciones dentarias pueden ser fisiológicas, como las que se producen en los dientes temporales o patológicas cuando afectan a los dientes permanentes. Existen en la literatura una variedad de reabsorciones con mecanismos complejos y diversidad de causas, localización y tratamiento. Las reabsorciones pueden clasificarse en externas, internas y comunicantes, las externas a su vez se clasifican en externas por sustitución y externas inflamatorias.

Reabsorción por sustitución o anquilosis<sup>fig.20</sup>: es fisiológica y ocurre constantemente como consecuencia de traumatismos dentales entre los cuales los más frecuentes son la intrusión y la avulsión.



Fig 20. Anquilosis

Reabsorción inflamatoria: puede ser interna<sup>fig.21</sup> o externa<sup>fig.22</sup>; las externas a su vez se clasifican en transitorias y progresivas. Las transitorias son las que cesan sin intervención alguna, son autolimitantes y se reparan con rapidez. Las progresivas son las que aumentan de manera constante y que para detenerse necesitan su intervención, el cual frena o elimina el factor de mantenimiento que determina la progresión de esta lesión; pueden ser causadas por traumatismos dentarios para los tejidos de sostén del órgano dentario como la concusión, la subluxación y aún una luxación leve, también puede ser ocasionada por procedimientos periodontales, por fuerzas aplicadas sobre el órgano dentario como en los tratamientos ortodónticos y por pequeñas agresiones a los tejidos periapicales.



Fig 21. Reabsorción interna



Fig 22. Reabsorción externa

La reabsorción interna se produce en la superficie de las paredes que forman la cavidad pulpar no son tan frecuentes como las externas; aunque su mecanismo de acción es semejante pero las razones que llevan a que se desencadene la reabsorción interna no está claro. A diferencia del periodonto, el tejido pulpar se encuentra más protegido en el interior del diente. Los irritantes mecánicos, térmicos, químicos o las agresiones por agentes biológicos podrían crear las condiciones indispensables para el inicio de esta lesión.

El mecanismo patológico de la reabsorción no ha sido aún completamente entendido, sin embargo según autores el hidróxido de calcio tiene una acción que estimula las células indiferenciadas en la región apical fomentando así la recalcificación en estas áreas de reabsorción.

También se sabe que las células clásticas requieren de un ambiente óptimo y de una continua estimulación para mantener su actividad.



El hidróxido de calcio es entonces el material de elección para el manejo de la reabsorción radicular al ser utilizado como medicación intraconducto, ya que por su alto pH tiene la capacidad de destruir las bacterias y además alterar el ambiente local de los sitios de reabsorción en la superficie radicular a través de los túbulos dentinarios.

Si la etiología de la reabsorción externa es la inflamación del ligamento periodontal como consecuencia de un conducto radicular infectado el tratamiento endodóncico con hidróxido de calcio es capaz de alterar el medio ambiente de las bacterias y sus interrelaciones controlando así el proceso de la reabsorción.

### **3.7. El Hidróxido de Calcio como medicación intraconducto**

La medicación intraconducto entre sesiones, tiene por finalidad hacer que el sistema de conductos radiculares con pulpa necrosada e infectada, sea un medio impropio para el desarrollo bacteriano; deberá inhibir y/o destruir los microorganismos que escaparon a la acción de la preparación biomecánica, especialmente los que se albergan en las ramificaciones laterales, en los canalículos dentinarios, en los deltas y en los “nichos” de los cráteres resultantes de la erosión apical, además de los que están protegidos por el “biofilme bacteriano apical”.

Un medicamento intraconducto, es empleado para:

- Eliminar cualquier bacteria que permanezca después de la preparación del sistema de conductos radiculares.
- Disminuir la inflamación del tejido periapical y pulpar remanente<sup>(2)</sup>.



- Hacer el contenido del conducto radicular inerte y neutralizar los restos necróticos.
- Actuar como una barrera contra la filtración de la obturación temporal.
- Ayudar a secar conductos radiculares húmedos persistentemente.

Según Grossman (1988), los requisitos que debe tener un medicamento intraconducto son los siguientes<sup>(15)</sup>:

1. Debe ser un germicida y fungicida efectivo y poseer un efecto antimicrobiano prolongado.
2. No debe ser irritante para el tejido periapical.
3. Debe permanecer estable en solución.
4. Debe de estar activo en presencia de sangre, suero y derivados proteicos tisulares.
5. Debe tener baja tensión superficial.
6. No deberá pigmentar la estructura dentaria.
7. Deberá ser capaz de inactivar un medio de cultivo.
8. No deberá inducir una respuesta inmune mediada por células, ni interferir con el proceso de reparación de los tejidos periapicales.

Se ha comprobado la elevada incidencia de bacterias anaeróbicas Gram-estrictos que se encuentran en una proporción 4:1 con respecto a las bacterias aeróbicas<sup>(29)</sup>.

Los microorganismos Gram-, además de tener diferentes factores de virulencia y de generar productos y subproductos tóxicos para los tejidos apicales y periapicales, contienen la endotoxina en su pared celular<sup>(21)</sup>. Este conocimiento es especialmente importante, pues la endotoxina, un lipopolisacárido (LPS), se libera durante la multiplicación y muerte bacteriana,



ejerciendo una serie de efectos biológicos importantes, que llevan a una reacción inflamatoria y a la reabsorción ósea en la región periapical.

La endotoxina de las bacterias vivas o muertas, íntegras o en fragmentos, desencadena la liberación de un gran número de mediadores químicos inflamatorios bioactivos o citocinas, como por ejemplo, el TNF (Factor de Necrosis Tumoral), la Interleucina-1, la Interleucina-6, la Interleucina-8, el Interferón-alfa y Prostaglandinas. Además el LPS es citotóxico y activa el factor de Hagerman (factor XII de la cascada de coagulación) que presenta efecto letal en el humano. Induce fiebre, activa el sistema del complemento, así como el ciclo del metabolismo del ácido araquidónico, siendo mitogénico para linfocitos B, provoca degranulación de los mastocitos y activa los macrófagos<sup>(2)</sup>.

Los motivos anteriormente citados, nos llevan de manera concluyente a indicar la colocación de un agente antimicrobiano entre sesiones, con la finalidad de destruir microorganismos localizados en áreas inaccesibles a la preparación químico-mecánica, pues es imposible erradicar toda la infección del sistema de conductos radiculares sin la ayuda de una medicación intraconducto entre sesiones.

Entre las sustancias de elección, se destaca el hidróxido de calcio; se le atribuye a este material, una excelente capacidad para facilitar la reparación de las lesiones periapicales, de tener acción antiexudativa, además de la reconocida actividad inductora de la mineralización, su efecto antimicrobiano en los conductos radiculares, en razón de su excelente acción bactericida y bacteriostática.



La actividad antimicrobiana del  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  dada por su elevado pH, está relacionado con la disociación iónica de este medicamento en iones calcio e hidroxilo, inhibiendo las enzimas de la membrana citoplasmática, produciendo una alteración química en los componentes orgánicos y en el transporte de nutrientes causando un efecto tóxico sobre la célula bacteriana. También se dice que el  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  es capaz de alterar el pH del medio donde se encuentra, incluso en sitios distantes lo cual aumenta su efecto bactericida<sup>(19)</sup>.

El cambio del pH de la dentina causado por los iones hidroxilo es lento y depende de varios factores como: el nivel de hidrosolubilidad del vehículo empleado, diferencias en la viscosidad, permeabilidad de la dentina y el nivel de calcificación existente, que puede alterar la proporción de disociación iónica y difusión<sup>(7)</sup>.

Sus efectos letales sobre las bacterias ocurren por los siguientes mecanismos:

- Daño a la membrana citoplasmática: Los iones hidroxilo inducen a una peroxidación de lípidos provocando la destrucción de fosfolípidos que componen la membrana celular. Además remueven los átomos de hidrógeno de los ácidos grasos insaturados generando radicales libres lipídicos, los cuales reaccionan con el oxígeno formando radicales peróxidos lipídicos que remueven otro átomo de hidrógeno de otro ácido graso generando otro peróxido lipídico, iniciando así una reacción en cadena autocatalítica dando como resultado la pérdida de los ácidos grasos insaturados y un daño extenso en la membrana de las células bacterianas.



- Desnaturalización de proteínas: El metabolismo celular depende de actividades enzimáticas óptimas en un pH neutro. La alcalinización producida por el  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  induce el rompimiento de los enlaces iónicos de la estructura terciaria de las proteínas. Esto tiene como consecuencia la pérdida de la actividad biológica de las enzimas y la alteración del metabolismo celular. Los iones hidroxilo también pueden ocasionar daño a la estructura de las proteínas.
- Daño al DNA: Los iones hidroxilo reacciona con el DNA bacteriano induciendo la separación de cadenas, inhibiendo la replicación celular y la pérdida de genes.

Aunque científicamente los 3 mecanismos pueden ocurrir es difícil establecer cuál de ellos es el principal mecanismo de acción involucrado en la muerte celular y bacteriana<sup>(19)</sup>.

Sin embargo, paralelamente a este alto grado de éxito, se sabe que el hidróxido de calcio es una sustancia con propiedades físico-químicas inadecuadas, o sea, es diluyente, no tiene radiopacidad y viscosidad; y de esa forma, no ofrece condiciones clínicas de uso. Por ese motivo el hidróxido de calcio ha sido preconizado, generalmente, en asociación con otras sustancias o vehículos que puedan darle radiopacidad, viscosidad y que le proporcionen una disminución de su dilución, y como consecuencia mejores condiciones clínicas de uso.

### **3.8. Vehículos empleados**

Junto con la ampliación del uso clínico de hidróxido de calcio, en la literatura también se discute el uso de diversas formulaciones y ofrece sugerencias



para la mezcla del polvo de hidróxido de calcio con otras sustancias. Como se verá, muchas sustancias se han añadido al polvo para mejorar propiedades tales como la acción antibacteriana, radiopacidad, el flujo y la consistencia. A estas combinaciones se les denominó pastas alcalinas por su elevado pH. Las principales características de estas pastas, de acuerdo con Fava y Saunders son:

1. Están compuestas principalmente por hidróxido de calcio, pero asociadas a otras sustancias para mejorar sus propiedades físicas y químicas.
2. No endurecen.
3. Se solubilizan y reabsorben en los tejidos vitales, a mayor o menor velocidad según el vehículo con el que están preparadas.
4. Puede prepararlas uno mismo simplemente adicionando agua al polvo, o bien utilizarse preparados comerciales.
5. Se emplean en el interior de los conductos radiculares como medicación temporal.

Debemos también recordar que la alcalinidad se genera a partir de una solución saturada de la sustancia, razón por la cual debe encontrarse en un medio húmedo, lo que unido a su baja tensión superficial, ha obligado al análisis de numerosos vehículos para mezclar el hidróxido de calcio, destinados a modificar su tensión superficial, y prolongar la liberación iónica<sup>(28)</sup>.

Aunque la asociación del hidróxido de calcio con diferentes sustancias tenga la finalidad de hacerlo más adecuado al uso clínico y tal vez, mejorar sus probables interferencias que estas asociaciones puedan tener sobre su



acción reparadora y antimicrobiana, pudiendo en algunos casos impedir la o retrasarla.

La búsqueda de un vehículo para el hidróxido de calcio que mantenga sus propiedades biológicas y que ofrezca condiciones satisfactorias para su uso, o sea, que permita obtener una pasta adecuada para su uso clínico, ha desencadenado una serie de investigaciones que se refieren no solo a las propiedades biológicas, sino también a las propiedades físico-químicas de esas diferentes formulaciones presentadas.

Fava<sup>(10)</sup> considera que el vehículo ideal debe:

1. Permitir una disociación lenta y gradual de los iones calcio e hidroxilo.
2. Permitir una liberación lenta en los tejidos, con una solubilidad baja en sus fluidos.
3. No debe tener efecto adverso en su acción de favorecer la aposición de tejidos calcificados.

Esas investigaciones muestran que la asociación de diferentes vehículos al hidróxido de calcio puede interferir en la disociación iónica del producto, en su propiedad antiséptica, en la compatibilidad tisular y en la capacidad de inducción de tejido mineralizado.

A pesar de las variaciones, la literatura carece de una clasificación de estas formulaciones de pasta, Holland (1994) ha sido el único autor que sugiere una clasificación de acuerdo con el vehículo de la pasta. El propósito del presente trabajo consiste en clasificar y describir las diferentes formulaciones de hidróxido de calcio, relacionándolas con las investigaciones in vitro, la evaluación en animales de laboratorio y estudios clínicos en las diferentes pastas que se han empleado. Esto puede ayudar al clínico a elegir la pasta



correcta y entender por qué una pasta que contiene un vehículo específico debe ser empleada clínicamente.

Se han propuesto tres tipos de vehículos: acuosos, viscosos y aceitosos.

### 3.8.1. Acuosos

Los vehículos acuosos están constituidos por sustancias solubles en agua. Esta forma de preparación permite una liberación rápida de iones, solubilizándose con relativa rapidez en los tejidos y siendo reabsorbido por los macrófagos.

El más usado es el agua destilada, aunque también se ha empleado solución salina, solución de metilcelulosa, anestésicos y otras soluciones acuosas.

#### 3.8.1.1. Agua destilada



Fig 23. Agua destilada

El agua destilada <sup>fig. 23</sup> fue implementada como vehículo por Holland y cols., en 1978. Los resultados obtenidos con esta mezcla demostraron la efectividad antimicrobiana generada por el contacto directo, por su característica de hidrosolubilidad, además que tiene una capacidad de

alcanzar un pH de 12,2<sup>(15)</sup>. Se puede considerar al agua destilada como un líquido inerte y no agresivo a los tejidos periapicales sin embargo ciertos estudios demostraron su poca efectividad por las bacterias aeróbicas estrictas.

En una suspensión espesa de polvo de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  en agua estéril o solución salina, menos del 0.2% del polvo se disuelve en iones de calcio e hidroxilo (Ingle, 2008).

### 3.8.1.2. Clorhexidina



Fig 24. Consepsis



Fig 25. Consepsis Scrub

Este vehículo fue introducido por Rolla en 1971<sup>(4)</sup>. El gluconato de bisguanida de clorhexidina <sup>fig. 24-25</sup> es bactericida para las células Gram+ y Gram-, pero no es eficaz frente a micobacterias, esporas o virus. El gluconato es soluble en agua y se pueden añadir detergentes catiónicos y no iónicos a estas soluciones para mejorar las propiedades de limpieza y humectación. Este desinfectante posee la propiedad de sustantividad, es decir que lleva a cabo una acción antibacteriana continua.



La clorhexidina cumple con varios requisitos ideales que lo pueden convertir en el vehículo idóneo:

- Baja tensión superficial, que le permite penetrar en conductos accesorios y túbulos dentinales
- Lubricante
- Acción bactericida, es un antimicrobiano activo contra un amplio rango de microorganismos Gram+ y -, levaduras, hongos, anaerobios facultativos y aerobios
- Buen olor
- No es cáustica como el NaCl
- Sustantividad (48 a 72 hrs.)<sup>(12)</sup>
- Baja toxicidad

Las desventajas que esta sustancia presenta son:

- Costo
- No disuelve tejido
- Formación de cristales de cloroanilinas cuando se usa en combinación con el NaCl

El *E. Faecalis* es una bacteria que se resiste a los efectos bactericidas del hidróxido de calcio, es Gram+ y puede ser aerobio o anaerobio. También puede causar el fracaso del tratamiento del sistema de conductos radiculares y puede continuar viviendo en un pH de 11.5. Una característica notable de esta especie la constituye su capacidad para sobrevivir y crecer en microambientes que pudieran ser tóxicos para otras bacterias, entre estos en presencia de hidróxido de calcio. Se ha sugerido que la resistencia de *E. Faecalis* al hidróxido de calcio permite a esta bacteria sobrevivir en presencia



del medicamento y proliferar cuando la acción de este finaliza, resultando en la colonización e infección del sistema de conductos radiculares<sup>(25)</sup>.

Se ha demostrado que el hidróxido de calcio combinado con clorhexidina al 2% es más eficaz que el hidróxido de calcio puro para eliminar el *E. Faecalis*, concluyendo que el  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  es un desinfectante poderoso cuando se mezcla con Clorhexidina al 2%. En el estudio realizado por Ercan et al 2006, utilizaron la mezcla de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  y Clorhexidina al 2%, teniendo como resultado que la Clorhexidina inhibió completamente el crecimiento de *E. faecalis* y *C. albicans* del sistema de conductos radiculares en 30 días<sup>(5)</sup>.

Según Herrera y cols. (2008) el *Enterococcus faecalis* es una bacteria resistente a los efectos antibacterianos del  $\text{CaOH}_2$ . El gluconato de clorhexidina ha mostrado una mayor eficacia que el  $\text{CaOH}_2$  en la eliminación del *E. faecalis*, sin embargo dicho compuesto no logra potenciar las propiedades del  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  al asociársele a éste.

### 3.8.1.3. Paramonoclorofenol alcanforado



Fig 26. Paramonoclorofenol alcanforado

Al paramonoclorofenol se le adiciona alcanfora, que es una acetona que actúa como un solvente; esta neutraliza la acción tóxica del paramonoclorofenol haciendo que tenga una baja solubilidad en el agua. Fue introducido como vehículo por Laws en 1962<sup>(14)</sup>.

Al unir el paramonoclorofenol alcanforado (PMCC) <sup>fig. 26</sup> con el polvo de hidróxido de calcio se crea una pasta, cuyo efecto puede ser por contacto directo y a distancia. La toxicidad que se origina por su volatilización hace dudosa su aceptación biológica, ya que es capaz de producir necrosis residual y exacerbar el dolor durante el tratamiento del sistema de conductos, debido a su penetración hacia los tejidos periapicales, causando dolor por medicación, más que por la infección.

Anthony sugiere usar cresantina o paramonoclorofenol alcanforado y Frank obtuvo éxito en apicoformaciones obturando los conductos con una pasta de hidróxido de calcio y paramonoclorofenol alcanforado<sup>(21)</sup>.

Estudios clínicos sobre el fenol, formocresol en combinación con el hidróxido de calcio muestran que el uso de rutina como medicamentos intraconducto no tiene efecto en la prevención o control del dolor. Sin embargo, si se aplica esta pasta de manera tópica dentro del conducto, son potentes agentes antiinflamatorios, parece ser que alteran la respuesta inflamatoria vascular lo suficiente para afectar el dolor<sup>(30)</sup>.

El PMCC, aunque es un efectivo medicamento intraconducto ya que es bactericida, se considera un poderoso agente citotóxico. Para Messer & Feigal, la acción citotóxica del paramonoclorofenol alcanforado es superior a su acción bactericida<sup>(21)</sup>.

#### 3.8.1.4. Solución fisiológica



Fig 27. Solución fisiológica

Fue introducida por Anthony y su equipo en 1982, donde realizaron un estudio comparativo y utilizaron a la solución fisiológica <sup>fig.27</sup> como vehículo. Es considerada como un líquido inerte y no lesivo para los tejidos periapicales, por lo tanto la mezcla que se origina al unirlo con el hidróxido de calcio es bastante efectiva. Provoca eliminación de los microorganismos

encontrados en el interior de los túbulos dentinarios, ya que genera mayor velocidad de disociación y difusión iónica, debido a su característica de hidrosolubilidad, quedando en contacto directo con los microorganismos, mostrando gran efectividad sobre los *Streptococcus mutans*, *Streptococcus aureus* y *Bacteroides*, comparado con otros vehículos<sup>(6)</sup>.

### 3.8.1.5. Anestésicos



Fig 28. Anestésicos

Los anestésicos locales <sup>fig.28</sup> son bases débiles poco solubles en agua. Están disponibles en forma de sales por razones de solubilidad y estabilidad. Están constituidos por un grupo lipofílico (anillo aromático), los cuales son conectados por una cadena intermedia (radical éster o amida) a un grupo ionizable (amida terciaria).

Las soluciones anestésicas fueron utilizadas como vehículo por Stamos y cols., en 1985. Boozer (1985) afirma que las soluciones anestésicas con un pH más cercano a la sangre (7,4) son más efectivas y activas<sup>(21)</sup>.

Al mezclar el hidróxido de calcio con unas gotas de solución anestésicas se obtiene una pasta que no endurece y puede ser eliminada con facilidad con instrumentos endodóncicos o a través de la irrigación. Posee una radiopacidad similar a la dentina.



En cuanto a la combinación con el hidróxido de calcio no ocurre ninguna reacción, por lo tanto no se ve alterada la fórmula química de ambos, y la alcalinidad presentada por el hidróxido de calcio se mantiene<sup>(2)</sup>.

### 3.8.2. Viscosos

Se sabe que los vehículos viscosos tienen un mejor desempeño que los vehículos solubles en agua porque promueven un bajo grado de disociación iónica del hidróxido de calcio; lo que resulta en una liberación gradual de los iones  $\text{Ca}^{2+}$  y una reabsorción más lenta de la pasta. Esto incrementa el tiempo en que el material está en contacto con los tejidos.

Algunos de los vehículos viscosos también son solubles en agua, pero su alto peso molecular permite que luego de la disociación iónica, la inactivación de los iones  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{OH}^-$  ocurra más lentamente al reducirles su capacidad de difusión.

Cuando se requiere mantener la acción de la pasta durante mucho tiempo, como en los tratamientos de apicoformación, algunos autores prefieren una pasta con un vehículo viscoso como el propilenglicol o la glicerina, aunque, las pastas con ambos tipos de vehículos han proporcionado resultados similares<sup>(10)</sup>.

### 3.8.2.1. Propilenglicol



Fig 29. Propilenglicol

Es un líquido incoloro y casi inodoro, de sabor dulce, pero más ácido que el etileno glicol. Es miscible en agua y alcohol además de ser poco soluble en benceno. Esta sustancia se caracteriza por tener en su estructura química grupos  $\text{OH}^-$  con ligera carga negativa, los cuales pueden reaccionar con el ión  $\text{Ca}^{2+}$  a través de enlaces ión-dipolo, así como átomos de hidrógeno que pueden reaccionar con los iones  $\text{OH}^-$  del hidróxido de calcio.

En un estudio que realizó en donde se compararon diversas pastas a base de hidróxido de calcio, se demostró que la pasta de hidróxido de calcio en combinación con el propilenglicol <sup>fig.29</sup> fue la que mostró mejores resultados<sup>(27)</sup>.

Por otra parte, Holland y cols<sup>(21)</sup>. sugieren una pasta con la siguiente composición: Hidróxido de calcio (5 g), Óxido de zinc (2 g), Colofonia (4 g) y emplea el Propilenglicol (5 ml) como vehículo.

### 3.8.2.2. Polietilenglicol



Fig 30. Polietilenglicol

El polietilenglicol <sup>fig.30</sup> es un líquido bastante viscoso, inodoro y de sabor dulce, miscible con agua, alcohol y la mayoría de solventes orgánicos. Absorbe más o menos dos veces su peso de la humedad atmosférica. Este vehículo, a pesar de su elevado peso molecular se clasifica como hidrosoluble. Esta sustancia también se caracteriza por tener en su estructura química grupos OH con ligera carga negativa, los cuales pueden reaccionar con el ión  $\text{Ca}^{2+}$  a través de enlaces ión-dipolo, así como átomos de hidrogeno que pueden reaccionar con los iones  $\text{OH}^-$  del hidróxido de calcio.

Leonardo<sup>(21)</sup> recomienda una pasta cuya fórmula es la siguiente: Hidróxido de calcio (2.5 g), Sulfato de bario (0.5 g), Colofonia (0.05 g) y como vehículo el Polietilenglicol 400 (1.75 ml).

Su alto peso molecular hace difícil su dispersión y mantiene al hidróxido de calcio en el área deseada por más tiempo. La dificultad de dispersión del polietilenglicol teóricamente le proporciona a la pasta de hidróxido de calcio menor poder de dilución<sup>(21)</sup>, y en consecuencia deberá ocurrir menor



liberación de iones  $\text{Ca}^{2+}$ , que con el agua destilada cuando es usada como vehículo.

Esto es importante cuando se considera el cambio del medicamento intraconducto y la necesidad de mantener el pH y la liberación de los iones calcio e hidroxilo. Se observa en esta asociación un pH de alrededor de 12,4<sup>(28)</sup>.

### 3.8.3. Aceitosos

Estos vehículos aceitosos son sustancias de muy baja solubilidad y capacidad de difusión en los tejidos, en las que la disociación iónica no ocurre, por lo que el efecto del hidróxido de calcio será nulo. Por ello, “utilizar un aceite como vehículo es un error”. Químicamente es imposible medir el pH de un aceite, puesto que no permiten la disociación de iones  $\text{H}^+$  y  $\text{OH}^-$ , confirmando la incompatibilidad del  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  con los aceites<sup>(11)</sup>.

Se han usado aceite de oliva, de silicona y diversos ácidos grasos, como el oléico y el linoléico.



## 4. DISCUSIÓN

Según Cohen (2008) el vehículo ideal para mezclar el polvo de hidróxido de calcio y mejorar las propiedades antimicrobianas, es de naturaleza hidrosoluble, sin embargo conociendo que tiene poco efecto sobre las bacterias aeróbicas capaces de soportar pH elevados (9,0) después de 48 horas (*Streptococcus faecalis* y *Speudomonas aeruginosas*), numerosos autores han recomendado el uso de un vehículo viscoso, altamente bactericida a mínimas concentraciones y sumamente potente sobre *Prevotella intermedia* y *Actinomices viscosos*; este vehículo es el paramonoclorofenol alcanforado. Sin embargo, aunque la asociación del hidróxido de calcio con diferentes sustancias tenga la finalidad de hacerlo más adecuado al uso clínico y tal vez, mejorar sus propiedades biológicas, es necesario que se consideren las probables interferencias que estas asociaciones puedan tener sobre su acción reparadora, pudiendo en algunos casos impedirla, retrasarla o en el peor de los casos, tener un efecto citotóxico.

En un estudio realizado por Fernández y cols.<sup>(11)</sup> para determinar y comparar la capacidad de disociación iónica que tiene el hidróxido de calcio (químicamente puro) en iones calcio e hidroxilo utilizando vehículos viscosos y acuosos; la solución de hidróxido de calcio con propilenglicol fue la que liberó mayor concentración de iones calcio <sup>tabla.1-2</sup> a las 24 hrs, arrojando un resultado promedio de 880 partículas por millón (ppm). De los cinco vehículos la solución de hidróxido de calcio con clorhexidina fue la que liberó menor cantidad de iones calcio, liberando un promedio de 685 ppm. Estos resultados se mantuvieron a los 7 días de iniciado el estudio y no mostraron ninguna variación.



Al analizar los datos obtenidos a los 15 días se puede observar que todas las soluciones de hidróxido de calcio con los cinco diferentes vehículos aumentaron la cantidad de iones calcio que se estaban liberando. Nuevamente el vehículo que permitió una mejor disociación de iones calcio fue el propilenglicol liberando 979 ppm. Es importante notar que el vehículo clorhexidina mejoró notablemente su liberación iónica de calcio dando un resultado de 946 ppm aumentando prácticamente un 37 % con respecto al último análisis. Los resultados más altos en cuanto a la liberación de iones calcio de todas las mediciones se obtuvieron a los 60 días de iniciado el estudio.

Tabla 1. Concentración de iones calcio en soluciones de hidróxido de calcio con 3 vehículos acuosos y 2 vehículos viscosos.

	24 hrs Ppm	7 días ppm	15 días ppm	30 días ppm	45 días Ppm	60 días ppm
Propilenglicol	880	880	979	982	958	1110
Polietilenglicol	846	846	904	946	914	1102
Anestesia	825	825	946	958	932	1088
Suero fisiológico	685	685	888	896	915	1071
Clorhexidina	592	592	946	1006	853	970

Fuente: Estudio realizado en Soluciones Analíticas Noviembre 2004-Enero 2005<sup>(11)</sup>.

Tabla 2. pH en soluciones de hidróxido de calcio con 3 vehículos acuosos y 2 viscosos

	24 hrs Ppm	7 días ppm	15 días ppm	30 días ppm	45 días Ppm	60 días ppm
Propilenglicol	13	12.91	12.86	13	12.91	12.97
Polietilenglicol	13	12.85	12.87	13	12.85	13
Anestesia	12.92	12.89	12.87	12.94	12.89	13
Suero fisiológico	12.84	12.91	12.88	12.94	12.91	13
Clorhexidina	12.85	12.91	12.88	12.94	12.91	12.94

Fuente: Estudio realizado en Soluciones Analíticas Noviembre 2004-Enero 2005<sup>(11)</sup>.

Mientras tanto Herrera<sup>(16)</sup> realizó un estudio utilizando cuatro vehículos diferentes en combinación con el hidróxido de calcio (solución fisiológica, lidocaína al 2% con epinefrina, polietilenglicol y paramoclorofenol) a razón de



1 gr/ml y después a todas estas pastas alcalinas se les agregó 0.5 gr de iodoformo, se demostró que este tuvo acción antibacteriana sobre *E. Faecalis* y *P. aeruginosa* solo en combinación con el paramonoclorofenol atribuyéndose dicha acción a este vehículo.

Gangwar (2011) en un estudio *in vitro*<sup>(14)</sup> investigó la influencia de cuatro vehículos (glicerina, solución salina, paramonoclorofenol alcanforado y Rexidine-M) en la efectividad del hidróxido de calcio contra las bacterias aeróbicas y anaeróbicas que se encuentran comúnmente en las infecciones endodóncicas. Demostró que todas las pastas de hidróxido de calcio empleadas en este estudio mostraron inhibición de crecimiento bacteriano, pero se encontró que el *S. aureus* mostró una inhibición máxima, mientras que el *E. faecalis* fue el menos inhibido. Entre las diferentes preparaciones, el hidróxido de calcio en combinación con el paramonoclorofenol alcanforado mostró el mejor resultado, mientras que el hidróxido de calcio con solución salina mostró la zona de menor inhibición.

Por otro lado Leonardo y cols.<sup>(21)</sup> evaluaron vehículos viscosos y acuosos en el tratamiento del sistema de conductos en dientes con ápices inmaduros y vitalidad pulpar, observándose con la pasta Calasept (vehículo acuoso) y la pasta Calen (vehículo viscoso), la formación de puentes de tejido mineralizado, ausencia de proceso inflamatorio y tamaño normal del ligamento periodontal. Sin embargo la pasta Calen mostró mayor grado de irritabilidad tisular.

La medicación intraconducto no debe tener como finalidad solamente la muerte bacteriana, sino la eliminación del microorganismo y la inactivación de la endotoxina presente.



Por razones clínicas, debido a que el hidróxido de calcio combinado con un vehículo acuoso se disuelve rápidamente y en razón de que el periodo necesario para que la pasta atraviese la dentina en la región apical, es de 14 días como mínimo, se recomienda el uso de vehículos viscosos, por ser menos solubles y no necesitar renovación.

La interrogante sobre cuánto tiempo es realmente efectivo el hidróxido de calcio como medicación intraconducto ha sido un tema de constante discusión en la endodoncia, pues hasta que periodo de tiempo realmente el hidróxido de calcio ejerce su efecto terapéutico y cada cuando es necesario renovar la pasta aún es objeto de investigación.

Pero lo más importante es que gracias a los adelantos científicos en el área de la Endodoncia, relacionados con la microbiología y la patología deben asociarse a la técnica operatoria, para proporcionar un tratamiento más rápido, indoloro y por consiguiente un postoperatorio silencioso y mayor porcentaje clínico-radiográfico de reparación. Seguramente este es el camino más prudente para el control de la infección endodóncica, que llevará a un mayor índice de éxito clínico, radiográfico e histológico.



## 6. CONCLUSIONES

El uso del  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  como medicamento intraconducto durante el tratamiento del sistema de conductos radiculares es importante para reducir las bacterias más allá de los niveles obtenidos con la instrumentación. Además del efecto antimicrobiano del vehículo empleado, su capacidad de solubilidad es importante, a fin que actúe de manera sinérgica con el  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , lo ayude a difundirse y a disociarse rápidamente.

Si el hidróxido de calcio se utiliza como medicación intraconducto con el objeto de desinfectar el sistema de conductos radiculares debería de dejarse por lo menos durante un periodo mayor a 15 días no siendo necesario cambiarlo. Sin embargo si el objeto de la medicación intraconducto es producir una acción mineralizante, este se puede mantener incluso 60 días.

El vehículo que combinado con el  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , perdurará mayor tiempo es aquel que tenga una alta tensión superficial, ya que la difusión de la solución permitiría un movimiento iónico constante en el disolvente, pero al haber una mayor tensión superficial existe una menor superficie en la que actuará el soluto. Sin embargo la tensión superficial también tiene una estrecha relación en cuanto al poder antibacteriano de un medicamento intraconducto; cuanto más baja sea la tensión superficial, más se difundirá a través de la membrana de las bacterias, y en consecuencia aumentará su poder bactericida.

Esto equivale a decir que la selección del vehículo con el que será combinado el hidróxido de calcio para emplearse como medicamento intraconducto depende del grado de patología pulpar y periapical.



## 7. FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Andersen, M., Lund, A., Andreasen, J., Andreasen, F. In vitro solubility of human pulp tissue in calcium hydroxide and sodium hypochlorite. *Endod Dent Traumatol*, 1992, 8: 104-8.
2. Chong BS, Pitt Ford TR. 1992. The role of intracanal medication in root canal treatment *Int Endod J*;25:97.
3. Cohen S, Barns RC. *Endodoncia: los caminos de la pulpa*. 9<sup>a</sup> ed. Ciudad de La Habana: Editorial Científico-Técnica; 2004. p. 322-434.
4. Distel J, Hatton J, Gillespie J. Biofilm formation in medicated root canals. *J Endod*, 2002, 28: 689-93.
5. Ercan E, Dalli M, Türksel C. In vitro assessment of the effectiveness of chlorhexidine gel and calcium hydroxide paste with chlorhexidine against *Enterococcus faecalis* and *Candida albicans*. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2006; 102 (2): 27-31.
6. Estrela C, Pimenta F, Ito I, Bammann L. In vitro determination of direct antimicrobial effect of calcium hydroxide. *J Endod*, 1998, 24: 15-7
7. Estrela C, Pécora J, Souza-Neto M, Bammann L. effect of vehicle on antimicrobial propieties of calcium hydroxide pastes. *Braz Dent J* 1999; 10(2): 63-72.
8. Estrela C, Rodríguez de Araujo C, Luschke L, Djalma J. Two methods to evaluate the antimicrobial action of calcium hydroxide paste. *J Endod* 2001; 27(12): 720-723.
9. Faria G, Nelson-Filoh P, Campos A, Assed S, Ito I. Antibacterial effect of root canal preparation and calcium hydroxide paste (calen) intracanal dressing in primary teeth with apical periodontitis. *J Appl Oral Sci*. 2005;13(4):351-5.



10. Fava LRG, Saunders WP. Calcium hydroxide pastes: classification and clinical indications. *Int Endod J*, 1999, 32: 257-82.
11. Fernández J, Maresca BM. Consideraciones sobre el uso del hidróxido de calcio y el ión calcio en endodoncia. *RAAO*. 2008; 47(2): 10-5
12. Furuya A, Arroniz S, Vaca S, Paniagua GL, Monroy E, Hernández L. Evaluación antimicrobiana de una solución de hidróxido de calcio y Clorhexidina, sobre conductos necróticos o infectados e identificación bacteriana por sistema API. *Oral* 2006; 7(23): 355-9.
13. Furuya A, Arroniz S, Vaca S, Paniagua GL, Monroy E, Hernández L. Evaluación antibacteriana en una mezcla de hidróxido de calcio y clorhexidina al 0.12% como irrigante pulpar. *Oral*. 2007. 8 (24). Pp. 374-9
14. Gangwar A. Antimicrobial effectiveness of different preparations of calcium hydroxide. *Indian J Dent Res*. 2011; 22:66-70
15. Grossman LL, Oliet S. *Endodontic practice*. 11<sup>a</sup> ed. Philadelphia: Lea & Febiger; 1988. p. 228-33.
16. Herrera DR, Tay LY, Kose-Jr C, Andrade TM, Rezende EC, Kozlowski Jr VA, Santos EB. Efecto antibacteriano del hidróxido de calcio y yodoformo sobre *Enterococcus faecalis* y *Pseudomonas aeruginosa*. *Rev Estomatol Herediana*. 2008; 18(1):5-8.
17. Ingle J. *Ingle's Endodontics*. 6<sup>a</sup> ed. Ontario: BC Decker; 2008. p. 46-8.
18. Jhamb S, Nikhil V, Singh V. An in vitro study of antibacterial effect of calcium hydroxide and chlorhexidine on *Enterococcus faecalis*. *Indian J Dent Res* 2010; 21:512-4
19. Jiménez A, Pulido E, Herrera C. Bases biológicas del hidróxido de calcio con respecto a su acción antimicrobiana y neoformación de tejido. *Rev. FOC*. 2002-2003; 64:210-215.
20. Lasala A. *Endodoncia*. 3<sup>a</sup> ed. Barcelona: Salvat Editores; 1979. p. 235-237.



21. Leonardo M. Endodoncia. Tratamiento de conductos radiculares. Principios técnicos y biológico. Sao Paulo: Artes Médicas Latinoamericana. 2009: vol. 2. p. 879-940
22. Lopreite G, Rodríguez P, Lenarduzzi A, Sierra L. Variación de los niveles de pH del hidróxido de calcio mezclado con distintos vehículos. Rev Fac Odo UBA. 2009. 24(56). p. 17-9
23. Mondragón JD. Endodoncia. México: Nueva Editorial Interamericana; 1995. p. 250.
24. Murad C, Fariniuk LF, Fidel S, Antonio R, Sassone LM. Bacterial leakage in root canals filled with calcium hydroxide paste associated with different vehicles. Braz Dent J (2008) 19(3): 232-7.
25. Pardi G, Gilarte Carolina, Cardozo EI, Briceño EN. Detección de *Enterococcus faecalis* en dientes con fracaso en el tratamiento endodóntico. Acta Odontológica Venezolana. Publicación periódica en línea 47(1): 2009. Hallado en: [www.actaodontologica.com](http://www.actaodontologica.com)
26. Rodríguez G, Álvarez M, García J, Arias SR, Más M. El hidróxido de calcio: su uso clínico en la endodoncia actual. Archivo Médico de Camagüey 2005; 9.
27. Silva-Herzog DF, Andrade LM, Lainfiesta J. Comparación del hidróxido de calcio como medicamento intraconducto, utilizando vehículos viscosos y acuosos. Estudio *in vitro*. Revista ADM 2003; 60(1):14-8.
28. Simon S, Bhat K, Francis R. Effect of four vehicles on the pH of calcium hydroxide and the release of calcium ion. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 1995, 80: 459-64.
29. Souza-Filho F, Soares A, Vianna M, Zaia A, Ferraz C, Gomes B. Antimicrobial effect and pH of chlorhexidine gel and calcium hydroxide alone and associated with other materials. Braz Dent J (2008) 19(1): 28-33.



30. Walton R. Endodoncia. Principios y práctica. 2<sup>a</sup> edición. México: Mc Graw Hill. 1997. p. 590.