



**Universidad Nacional Mayor de San Marcos**

**Universidad del Perú. Decana de América**

**Facultad de Odontología**

**Escuela Académico Profesional de Odontología**

**Respuesta histológica de la pulpa dental con  
formocresol 1:5 e hipoclorito de sodio al 5% en dientes  
pulpotomizados de *Oryctolagus cuniculus***

**TESIS**

Para optar el Título Profesional de Cirujano Dentista

**AUTOR**

Luis Alberto MALDONADO HUAMANÍ

**ASESOR**

María Magdalena CASTAÑEDA MOSTO

Lima, Perú

2016



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

## Referencia bibliográfica

---

Maldonado L. Respuesta histológica de la pulpa dental con formocresol 1:5 e hipoclorito de sodio al 5% en dientes pulpotomizados de *Oryctolagus cuniculus* [Tesis de pregrado]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Odontología, Escuela Académico Profesional de Odontología; 2016.

---

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)  
FACULTAD DE ODONTOLOGIA  
UNIDAD DE ASESORÍA Y ORIENTACIÓN DEL ESTUDIANTE

**ACTA**



Los Docentes que suscriben, reunidos el trece de julio del 2016, por encargo del Sr. Decano de la Facultad, con el objeto de constituir el Jurado de Sustentación para obtener el Título Profesional de Cirujano Dentista del Bachiller:

119. MALDONADO HUAMANÍ, Luis Alberto

**CERTIFICAN:**

Que, luego de la Sustentación de la Tesis « RESPUESTA HISTOLÓGICA DE LA PULPA DENTAL CON FORMOCRESOL 1:5 E HIPOCLORITO DE SODIO AL 5% EN DIENTES PULPOTOMIZADOS DE *ORYCTOLAGUS CUNICULUS* » y habiendo absuelto las preguntas formuladas, demuestra un grado de aprovechamiento... *Sobresaliente* .....siendo calificado con un promedio de: *Diecinueve* .....

(en letras)

19  
(en números)

En tal virtud, firmamos en la Ciudad Universitaria, a los trece días del mes de julio del dos mil dieciséis.

**PRESIDENTE DEL JURADO**

**MIEMBRO**

*Justiniano Sotomayor Camayo*  
-----  
Dr. C.D. Justiniano Sotomayor Camayo

*Saul Reyes Castro*  
-----  
C.D. Saul Reyes Castro

**MIEMBRO (ASESOR)**

*María Magdalena Castañeda Mosto*  
-----  
C.D. Esp. María Magdalena Castañeda Mosto

Escala de calificación: Grado de Aprovechamiento:  
Sobresaliente (18-20), Bueno (15-17), Regular (12-14), Desaprobado (11 ó menos)  
Criterios : Originalidad, Exposición, Dominio del Tema, Respuestas.

## **MIEMBROS DEL JURADO DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

- Presidente: Dr. Justiniano Sotomayor Camacho
- Miembro: C.D. Saúl Reyes Castro
- Miembro (asesora): CD.ESP. María Magdalena Castañeda Mosto

## **DEDICATORIA**

### **A Dios,**

Por darme la vida, buena salud, familia, amigos, y otro día más  
para seguir adelante.

### **A mis padres**

Que me criaron con formación en valores y me brindaron la mejor herencia  
que un hijo pueda tener: la educación.

### **A mi familia,**

Por el apoyo incondicional que me brindan todos los días, en todas  
circunstancias de mi vida, celebrando cada logro obtenido.

### **A los docentes de la UNMSM,**

Por acogerme en su casa de estudios, brindándome los conocimientos y  
experiencias que fueron cruciales para mi desarrollo personal y profesional.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Dra. María Castañeda, mi asesora, por brindarme su apoyo incondicional durante el desarrollo de la tesis, y por los conocimientos brindados durante la carrera profesional.

Al Dr. Jhon Paul Mezarina, un gran docente y amigo, por la iniciativa del tema de investigación de la tesis, por los conocimientos brindados, y su constante dedicación a la investigación en el área de Odontopediatría.

Al Dr. Saúl Reyes, Dr. Adrian Mallma, Dr. Justiniano Sotomayor, por el apoyo y sugerencias en el área de histopatología, para un mejor desarrollo de la tesis.

Al Dr. Eliberto Ruíz por el apoyo en el área de Farmacología.

A Marcela Reyes, quien estuvo a mi lado apoyándome y dándome fuerzas para seguir adelante.

A mis amigos, y ahora colegas, Kevin Minaya y Marisol Paucar, que me ayudaron durante la ejecución de mi tesis.

A mis amigos José Galván, Víctor Rodríguez, y mi hermano José Maldonado, que dedicaron su tiempo para apoyarme durante la ejecución de mi tesis.

A mi perrita Donnabella, por su constante compañía durante los estudios y las amanecidas a lo largo de mi carrera.

# INDICE DE CONTENIDOS

I. INTRODUCCIÓN .....	10
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	11
2.1. ÁREA PROBLEMA .....	11
2.2. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.....	12
2.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	12
2.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	13
2.4.1. Objetivo general.....	13
2.4.2. Objetivos específicos .....	13
2.5. JUSTIFICACIÓN.....	14
2.6. LIMITACIÓN DE EJECUCIÓN.....	14
2.7. FACTIBILIDAD DE EJECUCIÓN .....	14
III. MARCO TEÓRICO.....	15
3.1. ANTECEDENTES.....	15
3.2. BASES TEÓRICAS.....	23
3.2.1. ÓRGANO DENTINO PULPAR.....	23
3.2.1.1. Definición .....	23
3.2.1.2. Componentes estructurales de la pulpa dental.....	23
3.2.1.3. Zonas morfológicas de la pulpa dental .....	25
3.2.1.4. Funciones de la pulpa dental.....	26
3.2.1.5. Reacción del Órgano Dentino-Pulpar frente a la caries dental.....	27
3.2.1.6. Diferencias a nivel dentino pulpar entre la dentición primaria y la permanente.....	28
3.2.1.7. Etiología de las patologías pulpares en dientes primarios .....	28
3.2.1.8. Clasificación de las Patologías Pulpares en Dientes Primarios .....	29
3.2.1.9. Terapia pulpar en dientes primarios .....	30
3.2.1.10. Complicaciones posteriores a la terapia pulpar. ....	33

3.2.2 PULPOTOMÍA .....	35
3.2.2.1. Definición .....	35
3.2.2.2. Indicaciones y contraindicaciones .....	35
3.2.2.3. Procedimiento .....	36
3.2.2.4. Controversia en la medicación pulpar.....	37
3.2.2.5. Medicación pulpar en pulpotomías .....	39
3.2.2.6. Técnicas no farmacológicas en pulpotomías .....	49
3.2.2.7. Clasificación de Ranly .....	53
3.2.3. FORMOCRESOL.....	54
3.2.3.1. Definición .....	54
3.2.3.2. Composición: .....	54
3.2.3.3. Efectos tisulares del Formocresol.....	55
3.2.3.4. Hallazgos histológicos en pulpotomias con formocresol.....	57
3.2.3.5. Controversias en el uso del formocresol.....	58
3.2.4. HIPOCLORITO DE SODIO.....	61
3.2.4.1. Definición .....	61
3.2.4.2. Propiedades .....	61
3.2.4.3. Mecanismo de acción.....	62
3.2.4.4. Factores que afectan sus propiedades.....	63
3.2.4.5. Uso del hipoclorito de sodio en pulpotomias.....	64
3.2.5. ORYCTOLAGUS CUNICULUS.....	65
3.2.5.1. Definición .....	65
3.2.5.2. Características del conejo común ( <i>Oryctolagus Cuniculus</i> ) .....	65
3.2.5.3. Dentición .....	66
3.2.5.4. Alimentación.....	67
3.2.5.5. Mantención.....	68
3.2.5.6. Dosificación de drogas y eutanasia .....	68
3.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS .....	71
3.4. HIPÓTESIS.....	71

3.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	72
IV. METODOLOGÍA .....	74
4.1. TIPO DE ESTUDIO.....	74
4.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	74
4.3. PROCEDIMIENTOS Y TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	75
4.3.1. Metodología experimental.....	75
4.3.2. Técnica e instrumentos.....	78
4.3.3. Ficha de recolección de datos .....	78
4.3.4. Aspectos éticos.....	79
4.4. PROCESAMIENTO DE LOS DATOS .....	79
4.5. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	79
V. RESULTADOS .....	80
VI. DISCUSIÓN.....	90
VII. CONCLUSIONES .....	94
VIII. RECOMENDACIONES .....	95
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	96
X. ANEXOS.....	106

## RESUMEN

**Objetivo:** Determinar y comparar la respuesta histológica de la pulpa dental con formocresol 1:5 e hipoclorito de sodio al 5% a los 7 días, 14 días y 30 días, en dientes pulpotomizados de *Oryctolagus Cuniculus*.

**Material y métodos:** 52 piezas dentales de conejo, se distribuyeron en Control (n=4), Grupo Formocresol GF, (incisivos del lado derecho n=24), Grupo Hipoclorito de sodio GH, (incisivos del lado izquierdo n=24). Se realizaron pulpotomías a los grupos GF y GH mediante anestesia general; se indujo apertura cameral hasta observar la pulpa dental; se administró formocresol 1:5 durante 3 minutos en GF, e hipoclorito de sodio al 5% durante 3 minutos en GH, sellando las cámaras pulpares de todas las piezas con policarboxilato de zinc (Bonden - Dentsply®). Posteriormente se subdividieron en tres grupos: Grupo 1.- Evaluación a los 7 días [GF(n=8), GH(n=8)], Grupo 2.- Evaluación a los 14 días [GF(n=8), GH(n=8)], Grupo 3.- Evaluación a los 30 días [GF(n=8), GH(n=8)]. De acuerdo a la fecha se anestesiaron nuevamente y se extrajeron las piezas dentarias conservando en tubos de ensayo con formol 10%. Se mandaron a laboratorio para su procesamiento utilizando H&E. La lectura microscópica se realizó a 10X y 40X. Los datos fueron transferidos al programa estadístico SPSS v21, para comparar el grado de respuesta de células inflamatorias, áreas de necrosis y grado de tejido de granulación, se utilizó la prueba estadística U Mann-Whitney. Se consideró un nivel de significancia de  $\alpha < 0.05$ .

**Resultados:** El hipoclorito de sodio indujo un menor grado de respuesta de células inflamatorias a comparación del formocresol a los 7, 14 y 30 días, ambos grupos desarrollaron áreas de necrosis por coagulación en el sitio de reacción, y el hipoclorito de sodio permitió una mayor respuesta de formación de tejido de granulación a los 14 días. En todos los casos no presentaron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ).

**Conclusión:** El hipoclorito de sodio al 5% puede ser utilizado como medicación pulpar para el tratamiento de pulpotomía.

**Palabras clave:** Pulpotomía, formocresol, hipoclorito de sodio, respuesta pulpar. *Oryctolagus Cuniculus*

## ABSTRACT

**Purpose:** Determine and compare the histological response of dental pulp with formocresol 1:5 and sodium hypochlorite 5%, at 7 days, 14 days and 30 days in *Oryctolagus cuniculus* teeth,

**Methods:** 52 teeth rabbit were divided in Control Group (n = 4), Formocresol Group FG (incisors on the right side n = 24), Sodium Hypochlorite Group HG (incisors on the left side n = 24). the FG and HG groups pulpotomy was performed with general anesthesia; access opening is induced to observe the dental pulp, formocresol 1:5 was administered for 3 minutes in FG, and sodium hypochlorite 5% for 3 minutes in HG, sealing the pulp chambers with polycarboxylate zinc (Bonden - Dentsply®). Then teeth rabbit were divided in three subgroups: Group 1. Evaluation at 7 days [GF (n = 8), GH (n = 8)], Group 2, evaluation at 14 days [GF (n = 8), GH (n = 8)], Group 3, evaluation at 30 days [GF (n = 8), GH (n = 8)]. According to date these were anesthetized again and teeth were extracted, it was preserved in test tubes with 10% formalin. Sent to a laboratory for processing using H & E. The microscopic reading was taken at 10X and 40X. The data were transferred to the statistical program SPSS v21 to compare the degree of response of inflammatory cells, areas of necrosis and granulation tissue degree in statistical U Mann-Whitney test. A level of significance was considered  $\alpha < 0.05$ .

**Results:** Sodium hypochlorite induced low responsiveness of inflammatory cells to comparison formocresol at 7, 14 and 30 days, both groups developed areas of coagulative necrosis in the reaction site, and sodium hypochlorite group showed higher response granulation tissue at 14 days. In all cases no significant differences ( $p > 0.05$ ).

**Conclusion:** Sodium hypochlorite 5% can be used as medication for pulpotomy therapy.

**Keywords:** Pulpotomy, formocresol, sodium hypochlorite, pulp response. *Oryctolagus Cuniculus*

## I. INTRODUCCIÓN

En la práctica clínica odontopediátrica existen diversos tratamientos cuando una pieza dentaria presenta exposición pulpar por caries dental.

En caso de piezas molares primarias, el procedimiento de elección es la pulpotomía, cuyo objetivo es mantener la vitalidad pulpar, mantener la integridad del diente y de los tejidos de soporte. El procedimiento consiste en la amputación de la porción coronal de la pulpa dental afectada, preservando la vitalidad y la función de la pulpa radicular. Cuando se localizan los cuernos pulpares, el paso siguiente es la aplicación de una medicación biocompatible para generar cicatrización, hemostasia y posteriormente permita su rehabilitación.

Durante años se ha utilizado diversos medicamentos para la búsqueda de la resolución de este problema. Una de las alternativas más utilizadas es la aplicación de Formocresol 1:5, lo cual ha demostrado tener un buen éxito clínico y radiográfico. Sin embargo, diversos estudios evidencian que presenta efecto mutagénico, carcinogénico, de efecto cáustico y toxicidad, lo cual no solo afecta al paciente sino también al operador y al personal asistencial.

Investigaciones In vitro y estudios clínicos, han revelado la importancia que tendría otro agente utilizado en biopulpectomías y necropulpectomías de dientes permanentes, destaca el Hipoclorito de sodio al 5%. Mencionan que una vez aplicado sobre la superficie de la pulpa dental, el hipoclorito de sodio ejerce una acción disolvente superficial, ya que no presenta capacidad para penetrar en áreas confinadas.

Este estudio determinó la respuesta histológica de la pulpa dental con formocresol 1:5 e hipoclorito de sodio al 5% en dientes pulpotomizados de *Oryctolagus Cuniculus* a los 7 días, 14 días y 30 días de su aplicación.

## II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 2.1. ÁREA PROBLEMA

La caries dental es una enfermedad de alta prevalencia y que afecta considerablemente a la población infantil.<sup>1</sup>

La Organización Mundial de la Salud (OMS) en su reporte de Salud Oral del año 2003 señala que la caries dental sigue siendo considerada una de las afecciones que mayormente compromete la salud bucal.

En casos que la lesión cariosa en dentición decidua comprometa al tejido pulpar, y cause una lesión reversible, la pulpotomía es uno de los tratamientos de elección.

En este procedimiento se extirpa la pulpa coronal y se agrega una medicación para originar hemostasia y mantener la vitalidad e integridad del tejido pulpar.

Actualmente el formocresol es la medicación pulpar más utilizada en este procedimiento, debido a que origina cicatrización, por su facilidad de uso y por ser económico; sin embargo, su empleo es controversial debido a su potencial mutagénico y carcinogénico que presenta,<sup>1</sup> adicional a ello se le ha atribuido efecto cáustico y toxicidad.<sup>2</sup> Según antecedentes se demuestra que el hipoclorito de sodio puede ser una alternativa en el tratamiento pulpar,<sup>3</sup>

El objetivo del estudio es determinar la respuesta histológica de la pulpa dental con formocresol 1:5 e hipoclorito de sodio al 5% en dientes pulpotomizados de *Oryctolagus Cuniculus*.

## **2.2. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA**

La pulpotomía en dientes primarios, es uno de los procedimientos más controversiales en Odontopediatría, debido a que la biocompatibilidad del material empleado en contacto con el tejido pulpar representa, entre otros, el éxito o fracaso del tratamiento.<sup>4 5</sup>

El material de apósito ideal para el recubrimiento pulpar radicular debe fomentar la cicatrización de esta, formando un puente dentinario y no debe interferir con el proceso fisiológico de la resorción radicular.<sup>5 6</sup>

El material más utilizado es el formocresol, pero debido a su potencial carcinogénico y mutagénico, surge la necesidad de investigar otro agente pulpar aceptable, una alternativa para el recubrimiento pulpar radicular es el hipoclorito de sodio (NaOCl), que se utiliza como irrigante en el tratamiento de conductos radiculares de dientes permanentes y ha demostrado ser un muy buen antimicrobiano sin ser un irritante pulpar significativo.<sup>3 7</sup> Este estudio se enfocó en evaluar la respuesta histológica de la pulpa dental de este compuesto en comparación del formocresol.

## **2.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Existe diferente respuesta histológica de la pulpa dental con formocresol 1:5 e hipoclorito de sodio al 5% en dientes pulpotomizados de *Oryctolagus Cuniculus*?

## **2.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **2.4.1. Objetivo general**

Determinar la respuesta histológica de la pulpa dental con formocresol 1:5 e hipoclorito de sodio al 5%, a los 7 días, 14 días y 30 días en dientes pulpotomizados de *Oryctolagus Cuniculus*.

### **2.4.2. Objetivos específicos**

1. Evaluar la respuesta de células inflamatorias de la pulpa dental, después de la aplicación de formocresol 1:5 e hipoclorito de sodio al 5% a los 7 días, a los 14 días, y a los 30 días en dientes pulpotomizados.
2. Comparar la respuesta de células inflamatorias de la pulpa dental entre formocresol 1:5 e hipoclorito de sodio al 5, a los 7 días, a los 14 días, y a los 30 días, en dientes pulpotomizados.
3. Evaluar la presencia de áreas de necrosis de la pulpa dental, después de la aplicación de formocresol 1:5 e hipoclorito de sodio al 5%, a los 7 días, a los 14 días, y a los 30 días en dientes pulpotomizados.
4. Comparar la presencia de áreas de necrosis de la pulpa dental entre formocresol 1:5 e hipoclorito de sodio al 5, a los 7 días, a los 14 días, y a los 30 días, en dientes pulpotomizados.
5. Evaluar la presencia de tejido de granulación de la pulpa dental, después de la aplicación de formocresol 1:5 e hipoclorito de sodio al 5%, a los 7 días, a los 14 días, y a los 30 días en dientes pulpotomizados.
6. Comparar la presencia de tejido de granulación de la pulpa dental entre formocresol 1:5 e hipoclorito de sodio al 5, a los 7 días, a los 14 días, y a los 30 días, en dientes pulpotomizados.

## **2.5. JUSTIFICACIÓN**

Según los antecedentes, el formocresol presenta potencial carcinogénico, mutagénico, efecto caustico y toxicidad,<sup>1 2</sup> por ello surge la necesidad de emplear otro agente pulpar que sea compatible, efectivo y con menos potencial de injuria un tratamiento más conservador de la pulpa dental. En este estudio emplearemos el hipoclorito de sodio, debido a su bajo costo, facilidad de uso y por no presentar efectos adversos. Mediante este ensayo *In vivo* demostraremos histológicamente la respuesta de la pulpa dental con hipoclorito de sodio comparando con la aplicación de formocresol, y así tener un fundamento biológico para ser aplicado en ensayos clínicos en pacientes pediátricos.

Hasta la actualidad no ha sido estudiado este tema en nuestro país, teniendo que remitirnos a estudios desarrollados en otros países. Por ello el estudio servirá como antecedente y base para futuras investigaciones, lo cual se permitirá valorar dentro de la especialidad de Odontopediatría y con ello, mejorar los procedimientos terapéuticos en beneficio de la salud del operador y del paciente infantil de nuestra población.

## **2.6. LIMITACIÓN DE EJECUCIÓN**

La limitación del estudio es la posibilidad de evaluar la diferenciación histológica de la pulpa en lagomorfos después de 30 días, o durante un mayor plazo de tiempo, debido que su dentición es elodonte y tienden a regenerar sus tejidos en un corto plazo.

## **2.7. FACTIBILIDAD DE EJECUCIÓN**

- El estudio es factible en su ejecución porque es posible comparar histológicamente las piezas tratadas mediante cortes histológicos longitudinales.
- Fue posible controlar las vías respiratorias durante el acto operatorio, mediante la posición decúbito dorsal, y así se garantizó la sobrevivencia del animal posterior a la anestesia general.

### III. MARCO TEÓRICO

#### 3.1. ANTECEDENTES

- Haghgoo R y Abbasi F (2012), evaluaron histológicamente cambios pulpaes en 22 caninos deciduos después de realizar pulpotomías con hipoclorito de sodio (NaOCl) y formocresol (FC). Se utilizó el diseño de boca dividida en piezas que debían ser extraídas por razones ortodóncicas, Se dividió en dos grupos (FC n=11, NaOCL n =11). Todas las piezas se extrajeron a los 2 meses y se evaluaron el grado de inflamación de la pulpa y la formación de puente dentinario, los datos se analizaron mediante la prueba de McNemar. Los resultados indican el grupo de FC obtuvo mayor grado de inflamación, tuvo 5 casos de necrosis y ninguna formación de puente dentinario, en cambio el grupo de NaOCl obtuvo menor grado de inflamación, ningún caso de necrosis y presencia de puente dentinario en 3 muestras. Se concluye que el hipoclorito de sodio puede ser sugerido como un agente de pulpotomía en dientes deciduos pero se recomienda un estudio con una mayor cantidad de muestra.<sup>7</sup>
- Koyuturk AE y col (2013), evaluaron el uso de tapón de sangre Ankafer (ABS) como agente de pulpotomía en molares de ratas y compararlos con sulfato férrico (FS) y formocresol (FC). Se realizaron 72 pulpotomias en molares de ratas anestesiadas con clorhidrato de ketamina 60mg/100kg IM, cavidades se sellaron con IRM y se evaluó histológicamente a los 7, 15 y 30 días después de la intervención, se extrajeron las piezas y se conservaron en formol al 10%, el análisis estadístico se realizó mediante la prueba de Kruskal-Wallis y pruebas de comparación múltiple de Dunn. Los resultados indican que no hubo diferencia significativa en el grado de respuesta de células inflamatorias entre los grupos a los 7 y 15 días. Sin embargo a los 30 días se observó mayor densidad de células inflamatorias en el grupo de FC en comparación al resto ( $p < 0,05$ ). No se observaron diferencias significativas en la formación de puente dentinario entre los grupos durante la evaluación. Se concluye

que el ABS puede considerarse una alternativa aceptable a FC y FS en pulpotomías.<sup>8</sup>

- Vargas KG y col (2006), compararon la eficacia de hipoclorito de sodio 5% (NaOCl) y sulfato férrico (SF) como medicamento en el tratamiento de pulpotomías en molares deciduas cariadas. Se realizaron 60 pulpotomías en dos grupos (NaOCl n=32, SF n=28), las piezas fueron restauradas con base de IRM/corona de acero inoxidable. Se evaluaron signos clínicos (no presencia de dolor espontáneo, sin movilidad ni inflamación ni fístula, restauración intacta) y radiográficos (sin presencia de reabsorción radicular externa e interna) al inicio, 6 y 12 meses. Los resultados indican a los 12 meses que el FS tiene 85% de éxito clínico y 62% de éxito radiográfico mientras que el NaOCl presenta 100% de éxito clínico y 79% de éxito radiográfico. Se concluye que NaOCl puede ser utilizado como medicación para el tratamiento de pulpotomía.<sup>9</sup>
- Myers DR y col (1983), evaluaron si el formocresol aplicado al tejido pulpar es absorbido sistémicamente y distribuido en todo el cuerpo. El objetivo fue determinar si hay presencia de formocresol en tejidos celulares de otros órganos de perros después de la aplicación de esta, al tejido pulpar vital. Cuatro perros fueron anestesiados y se realizaron pulpotomías en incisivos y caninos; se realizaron en uno 16 pulpotomías con aplicación de formocresol durante 5 minutos, 4 en un segundo perro, 1 en el 3ero y 16 pulpotomías sin formocresol se realizó en el 4to perro (control). A las 6 horas del procedimiento se retiraron riñones, hígado, pulmones y tejidos del corazón para la evaluación histológica. Los resultados indican que el perro que recibió 16 pulpotomías con formocresol muestran hallazgos sugestivos de lesión tisular temprana para el riñón y el hígado, el resto de órganos no tuvo complicaciones.<sup>10</sup>
- Al-Mutairi MA y col (2013), compararon la tasa de éxito clínico y radiográfico del hipoclorito de sodio (NaOCl) 5% y formocresol (FC) 20% en pulpotomías en 82 molares deciduas cariadas. Se utilizó el diseño de boca dividida y seguido la

restauración con coronas de acero inoxidable. Se evaluó a los 3, 6 y 12 meses. Los resultados a los 12 meses indican que las tasas de éxito clínico y radiográfico fueron 94,6% y 86,5%, respectivamente, para NaOCl, y el 92,1% y 86,8% para FC. Se concluye que la tasa de éxito del NaOCl son comparables a los de FC en pulpotomías.<sup>11</sup>

- John DR (2013), comparó la tasa de éxito clínico y radiográfico del hipoclorito de sodio (NaOCl) 3% y formocresol (FC) a una dilución 1:5 de Buckley en pulpotomías en molares deciduas cariadas (65 dientes). Seguido del tratamiento se restauró con coronas de acero inoxidable y se cementó con ionómero de vidrio, Se evaluaron a los 6 y 12 meses. Los resultados a los 12 meses indican que ambos grupos obtuvieron 100% de éxito clínico, el grupo NaOCl obtuvo 80% de éxito radiográfico y el grupo FC obtuvo 90%, no encontrándose diferencias significativas según la prueba exacta de Fisher ( $p = 0,468$ ). Se concluye que la tasa de éxito del NaOCl son comparables a los de FC en pulpotomías.<sup>12</sup>
- Rosenfeld E, James G, Burch B, (1978), evaluaron histológicamente la acción disolvente del 5,25% NaOCl en tejido pulpar vital humano sin instrumentación y el efecto sobre las paredes del conducto, tejido residual, conductos accesorios, y sobre el muñón pulpar apical de dientes instrumentados, en pacientes con indicación de extracción por ortodoncia. Cuarenta y dos premolares se dividieron en tres grupos, dos piezas control, 20 piezas con pulpa no instrumentada (grupo A) y 20 piezas con pulpa instrumentada (grupo B). En cada grupo se subdividió en 10 piezas con la aplicación de solución salina y otras 10 con NaOCl. Se realizó la apertura cameral y se irrigó en ambos grupos durante 15 minutos, con ambas soluciones; para el caso del grupo B, se instrumentó con limas K hasta N°60 a una profundidad de 5mm del ápice, las piezas se extrajeron 45 minutos después del procedimiento y se colocó en formol 10%, y se realizaron cortes histológicos. Los resultados para el grupo A indican que la acción disolvente fue limitada por el acceso y el diámetro del canal. El hipoclorito de sodio actuó solamente en la

superficie generando cambios en la pulpa coronal, con efectos casi nulos sobre el tejido pulpar más profundo. Para el grupo B, con el NaOCl eliminó el tejido residual de las paredes del conducto radicular. Se concluye que el 5,25% NaOCl fue más eficaz que la solución salina y ejerció una acción disolvente no específica, de acción superficial en la pulpa vital intacta. El NaOCl presenta incapacidad para penetrar en áreas confinadas.<sup>93</sup>

- Huth KC y col (2011), compararon longitudinalmente la eficacia del hidróxido de calcio, sulfato férrico, electrobisturí y formocresol en pulpotomías en 200 molares deciduas, siendo evaluados a los 6, 12, 18, 24 y 36 meses. Se utilizaron análisis de datos descriptivo y análisis de regresión logística mediante múltiples observaciones por paciente (síntomas clínicos) mediante prueba de Chi cuadrado de Wald. Los resultados no indican diferencias significativas entre formocresol y cualquier otra técnica después de 36 meses, siendo las tasas de éxito más bajas las del hidróxido de calcio.<sup>13</sup>
- Tang HM, Nordbø H y Bakland LK. (2000), examinaron el efecto de diluir hipoclorito de sodio (NaOCl) sobre el tejido pulpar vital en 20 dientes sanos en cuatro perros Beagle. Se prepararon cavidades clase V a una profundidad de 2mm, en un lado se aplicó durante 5 minutos NaOCl al 5% y en el lado opuesto se aplicó solución salina durante la misma cantidad de tiempo. Se evaluó la presencia de células inflamatorias a nivel de la pulpa remanente al día, 7 días y 28 días mediante preparaciones histológicas teñidas con H & E. Los resultados indican que en el primer día todos mostraron una inflamación leve y a los 28 días todas las piezas no presentaron células inflamatorias. Se concluye que el NaOCl es una buena alternativa como agente pulpar en pulpotomías.<sup>14</sup>
- Hafez AA y col (2002), evaluaron la capacidad biológica del hipoclorito de sodio (NaOCl) para controlar la hemorragia a través de la amputación química del coágulo para facilitar la formación de puente dentinario en pulpotomías. Se indujo 90 cavidades clase V con exposición pulpar en cinco monos adultos, la hemorragia

fue controlada con un 3% de hipoclorito de sodio, y se evaluó histológicamente la formación de puente dentinario a los 7, 27 y 90 días. Los resultados indican que se observaron reorganización de tejidos blandos y formación de puentes dentinarios en el 86% de pulpas tratadas con NaOCl. Se concluye que el NaOCl es un buen agente pulpar para el control de la hemorragia.<sup>15</sup>

- Vostatek SF y col (2011), realizaron una evaluación retrospectiva sobre el éxito clínico y radiográfico del hipoclorito de sodio (NaOCl) 5% en comparación con los datos publicados sobre sulfato férrico y formocresol como medicación para pulpotomías, 192 pulpotomías se realizaron con NaOCl en molares deciduas en 118 pacientes, 131 molares deciduas se les realizó un seguimiento durante 10 meses teniendo una tasa de éxito clínico y radiográfico del 82%. Se concluye que la tasa de éxito del NaOCl son comparables con los del Formocresol y sulfato férrico en pulpotomías.<sup>16</sup>
- Chia ER y Castro R (2011), evaluaron las alteraciones histopatológicas que produce el formocresol comparado con el agregado de trióxido mineral en pulpotomías, en cuatro *Canis Familiaris*, raza mestiza de un año de edad. Los premolares de cada arcada fueron tratados siguiendo la técnica clásica de pulpotomía mediante un estudio de boca dividida, el formocresol se aplicó en la hemi arcada izquierda y la pasta de agregado de Trióxido Mineral (MTA), en el lado derecho. Se evaluó a las 48 horas y a los 40 días. Utilizando la prueba t de Student, se encontraron diferencias significativas entre las alteraciones producidas en dientes pulpotomizados de *Canis familiaris* al utilizar formocresol y MTA. Se concluye que el MTA genera menor nivel de inflamación y mayor regeneración dentinaria que el formocresol.<sup>6</sup>
- García-Godoy F y Murray PE (2005), evaluaron si la colocación de diversos agentes hemostáticos altera la curación pulpar a corto plazo tras el recubrimiento pulpar directo. Se realizaron preparaciones de cavidades de Clase V con exposiciones de pulpa en dientes de primate, la hemorragia pulpar fue controlada por la colocación

de epinefrina, hipoclorito de sodio o combinaciones de estos agentes. Todas las piezas fueron restaurados con resina compuesta y se evaluó a los 13 y 28 días. Se realizó examen histológico para observar la inflamación de la pulpa, la organización de los tejidos blandos y la formación de puentes de dentina. La medición fisiológica de la frecuencia cardíaca y la presión arterial se registraron continuamente durante los tres procedimientos operativos. Los tratamientos pulpares locales con los distintos agentes hemostáticos no alteró la presión arterial sistémica o la frecuencia cardíaca durante la aplicación de pasta local. No se observaron diferencias entre los tratamientos. Se Concluye que el tratamiento hemostático tuvo poco efecto sobre la fisiología pulpar sistémica o curación.<sup>17</sup>

- Ratnakumari R y Bijimol T (2012), compararon la respuesta de un agente pulpar Chitra- cemento fosfato de calcio (Chitra-CPC) y formocresol, en pulpotomías en dientes temporales. El estudio se realizó en 10 niños de entre 8 a 12 años que se centraban en 20 caninos deciduos sanos indicados para extracción por fines ortodóncicos. Se utilizó diseño de boca dividida, un lado con formocresol y el otro con Chitra-CPC. Después de 70 días, los dientes se extrajeron y se sometieron a examen histológico. Los resultados no revelaron diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos habiendo resultados más favorables para Chitra-CPC con respecto a la inflamación de la pulpa y la formación de puentes de dentina. Se concluye que Chitra-CPC es un agente comparable con el formocresol.<sup>18</sup>
- Fuks AB y col (1997) evaluaron la respuesta pulpar mediante la aplicación de 15.5% de sulfato férrico (FS) y una dilución de 20% de Formocresol (FC) en dientes deciduos pulpotomizados de 4 babuinos. Se realizaron 79 pulpotomias, en 32 dientes se administró sulfato férrico durante 15 segundos, en otros 32 dientes se administró formocresol durante 5 minutos, y en 15 dientes IRM sobre la pulpa remanente. Todas las piezas fueron selladas con IRM y se evaluaron histológicamente los cambios inflamatorios de la pulpa remanente después de 4 y 8

semanas. Los resultados indican que no se evidencia diferencia estadísticamente significativa entre los tres grupos de grado de inflamación. (Chi cuadrado  $p > 0,05$ ). Se concluye que el sulfato férrico produce respuestas de pulpa comparables a las del formocresol diluido.<sup>19</sup>

- Neamatollahi H y Tajik A (2006), realizaron 135 pulpotomías en segundos molares deciduos en pacientes de entre 3 y 6 años de edad y compararon el éxito clínico y radiográfico del formocresol (FC), sulfato férrico y MTA. Todas las piezas fueron restauradas con amalgama, la evaluación fue a los 3 y 12 meses. Los resultados evidencian que el MTA tuvo una menor tasa de éxito clínico (82.1%) a comparación del resto (100%) y radiográfico (69.2%) a comparación del FC (92.5%) y sulfato férrico (80.5%). Se concluye el sulfato férrico es una alternativa aceptable al formocresol como medicación para pulpotomías.<sup>2</sup>
- Karami B y col (2009), realizaron un estudio clínico, radiográfico e histológico para comparar la respuesta del ácido tricloroacético, (TCA), formocresol (FC), agregado trióxido mineral (MTA) y óxido de zinc eugenol (ZOE) como agentes pulpares en 162 pulpotomías realizados en premolares de 8 perros. Todas las piezas fueron restauradas con amalgama. Los animales fueron sacrificados a las 48h, 2, 4 y 8 semanas (dos perros en cada intervalo). Los resultados indican a las 8 semanas la formación de puente de dentina fue evidente en 20% (FC), 50% (TCA) y 91.7% (MTA). Se concluye que el MTA es una alternativa aceptable como medicación pulpar en pulpotomías.
- Erdem AP y col (2011), evaluaron las tasas de éxito de agregado trióxido mineral (MTA), sulfato férrico (FS) y formocresol (FC) como agentes de pulpotomías en 128 molares deciduos cariados en 32 pacientes de 5 a 7 años de edad. Utilizaron diseño de boca dividida aleatorizado, la evaluación fue clínica y radiográfica a los 6, 12 y 24 meses. Los datos fueron analizados mediante la prueba Chi- cuadrado. Los resultados indican que no se encontraron diferencias significativas a los 6,12 y

24 meses entre los materiales experimentales. Se concluye que el MTA y FS son una alternativa aceptable como medicación pulpar en pulpotomías.<sup>20</sup>

- Zarzar PA y col (2003), evaluaron *In Vivo* si el formocresol (en la formulación original de Buckley) es mutagénico. Se realizaron cultivos de linfocitos obtenidos de la sangre periférica (6-8mL) de 20 pacientes de 5 a 10 años de edad. La primera muestra fue antes de la pulpotomía (grupo control) y el segundo después de las 24 h (grupo experimental). Los linfocitos fueron evaluados mediante un análisis citogenético, para cada muestra se analizaron 200 metafases, se utilizó prueba de Wilcoxon. Los resultados evidencian que no hubo diferencia estadísticamente significativa entre los grupos por aberraciones cromosómicas ( $P = 0,251$ ) y para roturas cromosómicas ( $p= 0.149$ ); el formocresol solo fue mutagénico para un paciente. Se concluye que estadísticamente el formocresol no es mutagénico pero se requiere más investigaciones con una muestra más grande.<sup>21</sup>
- Kiyoshi y cols. en (2011), realizaron un estudio para medir la concentración en el aire del formaldehído evaporado durante la fijación. Midióron la concentración en el aire según la localización de las fosas nasales del paciente (simulador) (10 cm), la posición del especialista (35 cm) y la de la asistente dental (40 cm), con las siguientes variantes: sin equipo periférico, usando un extractor de aire intrabucal, usando un extractor de aire extrabucal, y usando ambos extractores. Concluyeron que usando un equipo de extracción de aire extrabucal e intrabucal durante la fijación del formocresol en las pulpotomías se reduce la exposición del formaldehído en el paciente, el profesional y el asistente; la concentración del formaldehído aumenta al incrementarse la temperatura y que también es importante una ventilación activa, el control de la humedad y la temperatura en el consultorio dental durante las pulpotomías con formocresol.<sup>22</sup>

## **3.2. BASES TEÓRICAS**

### **3.2.1. ÓRGANO DENTINO PULPAR**

#### **3.2.1.1. Definición**

La pulpa dentaria es un tejido único, de origen mesenquimatoso, ricamente vascularizado e innervado. Es uno de los tejidos conectivos blandos más primitivos del cuerpo, ubicado en la parte central del diente, encerrada en una capa protectora de dentina, cubierta a su vez por el esmalte, desde el punto de vista morfológico reproduce la forma del elemento dentario, por lo que cambia según la anatomía de los dientes.<sup>23</sup>

La pulpa posee elementos tisulares, entre los que se incluyen nervios, tejido vascular, fibras de tejido conectivo, sustancia fundamental, fluido intersticial, odontoblastos, fibroblastos, células inmunocompetentes y otros elementos celulares.<sup>23</sup>

A diferencia de la mayoría de los tejidos, la pulpa carece de un sistema colateral y depende de las pocas arteriolas que penetran a través de los orificios radiculares. Este sistema vascular disminuye progresivamente con la edad, al igual que el tamaño de la cavidad pulpar, debido al depósito continuo de dentina secundaria y por la aposición localizada y deformante de la dentina terciaria que se produce como respuesta ante distintos tipos de noxas.<sup>23</sup>

La pulpa dental es un órgano sensorial único, a pesar de la baja conductividad térmica de la dentina, es sensible a los estímulos fríos y calientes. Al igual que otros tejidos conectivos del cuerpo posee potencial de regeneración y reparación, por lo que puede formar dentina a lo largo de toda la vida, lo que permite que la pulpa vital compense parcialmente la pérdida de esmalte y dentina producto de un traumatismo mecánico o una enfermedad.<sup>23</sup>

#### **3.2.1.2. Componentes estructurales de la pulpa dental**

La pulpa dental está formada por un 75% de agua y por un 25% de materia orgánica constituida por células y matriz extracelular (MEC) representada por fibras y sustancia fundamental.<sup>24</sup>

### **a) Sustancia fundamental**

La sustancia fundamental o matriz extracelular ocupa los espacios libres dejados por las células, fibras, vasos y nervios. Es abundante en las pulpas jóvenes. Tiene consistencia gelatinosa y continua, siendo diferente de los fluidos tisulares. Está compuesta, principalmente por glucosaminoglucanos (GAG), ácido hialurónico, condroitín sulfato, glucoproteínas y agua.<sup>23</sup> En dientes recién erupcionados el GAG predominante es el dermatán sulfato. En cambio, en pulpas maduras el ácido hialurónico es el componente esencial y en menor proporción se presentan el dermatán y el condroitín sulfato.

A través de la sustancia fundamental transcurren los metabolitos celulares, los nutrientes y los productos de desecho desde las células a los vasos sanguíneos.<sup>24</sup>

### **b) Células de la pulpa dental**

- Odontoblastos: Responsable de la dentinogénesis y en el diente permanente se le considera la célula más importante del complejo dentino pulpar. Los estadios de diferenciación de pre-odontoblastos a odontoblastos jóvenes y a odontoblastos maduros, son hallados de igual manera en procesos de reparación.
- Fibroblastos: Son las células más numerosas de la pulpa, secretan a los precursores de las fibras: colágenas, reticulares y elásticas y la sustancia fundamental de la pulpa.<sup>24</sup>

Los fibroblastos se encargan además de la síntesis de la sustancia fundamental, es posible que estas células puedan reemplazar un odontoblasto que se pierda eventualmente. Se ha demostrado que tienen la capacidad de ingerir y degradar colágeno cuando son estimuladas adecuadamente.<sup>24</sup>

- Células mesenquimales: Derivan del ectodermo de las crestas neurales. Estos pueden diferenciarse en nuevos odontoblastos o fibroblastos, según el estímulo que actúe.<sup>24</sup> El número de células mesenquimales disminuye con la edad, reduciéndose la capacidad de autodefensa de la pulpa.

- Macrófagos: En los procesos inflamatorios los histiocitos se transforman en macrófagos libres que se encargan de fagocitar microorganismos y eliminar células muertas, también poseen una función inmunológica, fagocitan partículas extrañas y las presentarlas a los linfocitos.

Además elaboran enzimas, facilitando su migración dentro del tejido conectivo.<sup>24</sup>

- Otras células del tejido pulpar: Linfocitos, células plasmáticas y en ocasiones eosinófilos y mastocitos, que son evidentes en los procesos inflamatorios.<sup>24</sup>

### **c) Fibras del tejido conectivo de la pulpa dental**

- Fibras colágenas
- Fibras reticulares
- Fibras elásticas
- Fibras de oxitalán

#### **3.2.1.3. Zonas morfológicas de la pulpa dental**

Histológicamente se pueden diferenciar cuatro zonas diferentes en la pulpa, desde la predentina (dentina sin mineralizar) hacia la pulpa:

- Zona odontoblástica: Es la capa más externa, constituida por odontoblastos, ubicados subyacente a la predentina. Entre los cuerpos se encuentran capilares, fibras nerviosas y células dendríticas.<sup>23</sup> Los cuerpos celulares se conectan entre sí por complejos de unión, las cuales mantienen la integridad de la capa odontoblástica. En las caras laterales predominan las uniones en hendidura que proporcionan vías de baja resistencia, regulan el intercambio de metabolitos de bajo peso molecular entre los odontoblastos y la capa odontoblástica de la pulpa coronal contiene más células por unidad de área que la de la pulpa radicular.
- Zona basal: Se encuentra debajo de la capa odontoblástica, con un ancho aproximado de 40  $\mu\text{m}$ , relativamente libre de células.

- Zona rica en células: Contiene una proporción elevada de fibroblastos, puede contener además un número variable de macrófagos, células dendríticas y células mesenquimatosas indiferenciadas o células madre. Es mucho más prominente en la pulpa coronal que en la radicular.<sup>24</sup>
- Zona central de la pulpa: Formada por el tejido conectivo laxo característico de la pulpa, con sus diversos tipos celulares, fundamentalmente fibroblastos, células ectomesenquimáticas y macrófagos de localización perivascular, pocas fibras inmersas en la matriz extracelular amorfa y abundantes vasos y nervios.<sup>24</sup>

#### **3.2.1.4. Funciones de la pulpa dental**

- Inductora: Durante el proceso de amelogénesis deposita dentina para que se produzca la síntesis y el depósito de esmalte.<sup>26</sup>
- Formativa: Forma dentina, capacidad que posee hasta que dure su vitalidad, realizada por los odontoblastos.<sup>26</sup>
- Nutritiva: Provee irrigación a la dentina a través de las prolongaciones odontoblásticas y de los metabolitos del sistema vascular pulpar.<sup>26</sup>
- Sensitiva: Responde ante los diferentes estímulos o noxas, mediante los nervios sensitivos. El dolor dentinal es agudo y de corta duración, el dolor pulpar es pulsátil, persistente.<sup>26</sup>
- Defensivo o reparador: El tejido pulpar posee una notable capacidad reparativa, formando dentina frente a las agresiones. La dentina terciaria que es más irregular, actúa si el estímulo provocado causa la destrucción de los odontoblastos originales, entonces la dentina terciaria, o dentina reparadora se forma en zonas de irritación, como caries, desgaste excesivo del diente, preparación de cavidades y materiales restauradores, la pulpa suele responder mediante depósito de una capa de dentina reparadora sobre los túbulos de la dentina primaria o secundaria, formando una barrera de tejido mineralizado.<sup>26</sup>

### 3.2.1.5. Reacción del Órgano Dentino-Pulpar frente a la caries dental

Cuando la caries avanza desde el esmalte a la dentina, se forma dentina esclerótica por aposición de minerales en la dentina intertubular e intratubular (dentro de los túbulos y entre ellos), disminuyendo su permeabilidad, esto se produce en un tiempo relativamente corto. Esta dentina se observa radiográficamente como un área radiopaca, por el aumento de minerales.<sup>26</sup>

La formación de dentina terciaria amerita un período de tiempo más prolongado y depende en gran medida del estímulo. Cuanto más rápido progrese la lesión, más irregular será la dentina terciaria. Cuando la caries avanza más rápido que la producción de dentina de reparación, los vasos sanguíneos de la pulpa se dilatan y hay diseminación de células inflamatorias, especialmente debajo de la zona de túbulos dentinarios afectados.<sup>26</sup> Pese a que la dentina puede proporcionar una barrera física ante los estímulos nocivos, la respuesta inmune de la pulpa provoca cambios celulares frente a los patógenos invasivos.<sup>27</sup> A medida que la infección avanza aumenta la intensidad de la respuesta inmune, la proporción de linfocitos T y B, macrófagos y neutrófilos, que es directamente proporcional a la profundidad de la lesión. La densidad de las células dentriticas en la región odontoblástica también se ve en aumento con la progresión de la caries, éstas son las responsables de la presentación del antígeno y de la estimulación de los linfocitos T. Si la lesión cariosa permanece sin tratar, termina por producirse una exposición. Se forma un pequeño absceso bajo la región de la exposición y las células inflamatorias crónicas se producen más allá de las zonas centrales de irritación. Es probable que el resto de la pulpa no se inflame, produciendo una pulpitis parcial crónica con exacerbación aguda. Si la exposición progresa, la pulpa sufre necrosis parcial, seguida en algunos casos de necrosis total.

<sup>26</sup> <sup>27</sup>

Es posible que la supuración determine la posibilidad de que ocurra necrosis parcial o total, si la pulpa está abierta y supura, el tejido apical no se inflama o permanece con

inflamación crónica. Si por el contrario el empaque de los alimentos o la restauración no permiten la supuración, todo el tejido pulpar se necrosa más rápidamente.

### **3.2.1.6. Diferencias a nivel dentino pulpar entre la dentición primaria y la permanente**

Según Bjorndal L (2002) <sup>26</sup>, nos describe:

- Las raíces de los molares primarios son más delgadas y largas.
- El espesor del esmalte y dentina de los dientes primarios es menor que en dentición permanente.
- Las raíces de los molares primarios emergen más cerca del cuello y más hacia el ápice que los molares permanentes.
- En los dientes primarios, el grosor de la dentina entre las cámaras pulpares y el esmalte es menor.
- Las cámaras pulpares de los dientes primarios son comparativamente mayores.
- Los cuernos pulpares, especialmente los mesiales, son más altos en los molares primarios.
- Presencia de conductos accesorios en el piso de la cámara pulpar en dentición primaria
- Resorciones externas por risalisis en dentición primaria.
- En dentición primaria, el material de obturación de los conductos debe ser reabsorbible.

### **3.2.1.7. Etiología de las patologías pulpares en dientes primarios**

Diversas causas producen las patologías pulpares y el proceso patogénico básico que se desarrolla es el de la respuesta inflamatoria. La pulpa va a reaccionar originando una pulpitis que es la inflamación que ocurre como respuesta a mecanismos directos e inmunitarios. Los mecanismos directos son los microorganismos, los cuales llegan a la pulpa a través de los túbulos dentinarios

expuestos, ya sea por caries, traumatismos o factores irritantes, destruyendo los odontoblastos y las células subyacentes. En los mecanismos inmunitarios actúan factores del complemento e inmunoglobulinas. El resultado final ya sea inducido por irritación directa o por el sistema inmunitario, hace que se liberen mediadores químicos que inician la inflamación.

Si la infección no es erradicada a través de los procesos naturales o procedimientos operatorios, los microorganismos invaden el complejo dentino-pulpar venciendo la defensa y causando lesión pulpar, e infectando la cámara pulpar y el sistema de conductos radiculares. Los microorganismos que se encuentran con mayor frecuencia son los estreptococos alfa-hemolíticos, enterococos spp y lactobacilos spp, a medida que aumenta el espesor de la pulpa necrótica se establecen un mayor número de especies anaeróbicas obligadas, entre las cuales se incluyen los cocos anaeróbicos gram positivos y los bacilos gram negativos que son favorecidos por la baja concentración de oxígeno existente en las zonas necróticas de la pulpa.<sup>28</sup>

Otra causa están las iatrogenias, donde el profesional no utiliza la refrigeración adecuada, la mínima presión, realiza preparaciones muy profundas cercanas a los cuernos pulpares o realiza una exposición pulpar de manera accidental.<sup>29</sup>

### **3.2.1.8. Clasificación de las Patologías Pulpares en Dientes Primarios**

La Asociación Americana de Endodoncia en 2009, definió la terminología para realizar la siguiente clasificación

- a) Estado del tejido pulpar: <sup>30</sup>
  - Pulpa normal: Pulpa libre de síntomas y responde normalmente a las pruebas de vitalidad.
  - Pulpitis reversible: Diagnóstico clínico basado en hallazgos subjetivos y objetivos, indican que la inflamación pulpar puede volver a la normalidad.
  - Pulpitis irreversible: Diagnóstico clínico, basado en hallazgos subjetivos y objetivos, indican que la pulpa vital inflamada es incapaz de repararse; puede ser asintomática o sintomática.

- Necrosis pulpar: Diagnóstico clínico indicativo que la pulpa dental no responde a las pruebas de vitalidad.
- Diente previamente tratado: Diagnóstico clínico indicativo que el diente ha sido tratado endodónticamente y que el o los canales están obturados con algún tipo de material que no sea medicación intracanal.
- Diente con terapia previamente iniciada: diagnóstico clínico indicativo que el diente ha sido previamente tratado en forma parcial (pulpotomía, pulpectomía)

b) Lesiones Periapicales: <sup>30</sup>

- Absceso Dento Alveolar Crónico: No presentan síntomas, con antecedentes de dolor espontáneo y puede haber molestias a la percusión y a la palpación de la zona donde se ubican los ápices.

Se observa un trayecto fistuloso en los tejidos blandos por donde el absceso drenará permanentemente sin causar presión en los tejidos comprometidos.

- Absceso Dento Alveolar Crónico Reagudizado: Presentan historia de dolor espontáneo, agudo y constante, sobre todo antes de la aparición del edema. Evidencian características clínicas de un proceso agudo, con edema extrabucal, extrusión dentaria y movilidad marcada.

### **3.2.1.9. Terapia pulpar en dientes primarios**

El principal objetivo de la terapia pulpar es mantener la integridad del diente como de los tejidos de soporte, preservar la vitalidad del diente, promover la salud del tejido pulpar, a través de la formación de dentina terciaria y minimizar la microfiltración, en caso que la caries haya invadido la pulpa y este sea tratado, no deben ocurrir signos ni síntomas adversos al post-tratamiento.<sup>31</sup>

#### **a) Tratamiento pulpar indirecto:**

Esta terapia está recomendada para dientes con lesiones de caries profundas en cercanía con el tejido pulpar pero sin signos ni síntomas de degeneración pulpar, la capa más profunda de dentina cariada remanente se cubre con un material biocompatible para prevenir la exposición pulpar y cualquier trauma adicional al diente,

ocasionando la deposición de dentina terciaria, la cual aumenta la distancia entre la dentina afectada y la pulpa, y de dentina esclerótica (peritubular) que disminuye la permeabilidad dentinaria. Se debe remover la dentina cariada de la unión esmalte – dentina en su totalidad y de las paredes laterales, utilizando curetas de dentina o fresas redondas.

Al sellar la lesión, se suprime el sustrato en el que actúan las bacterias para producir ácido. Al interrumpirse el proceso de caries, el mecanismo de reparación puede depositar más dentina y evitar la exposición pulpar.<sup>32</sup>

Los materiales que se utilizan frecuentemente en el tratamiento pulpar indirecto son el hidróxido de calcio y el cemento de óxido de zinc - eugenol. En la actualidad los cementos de vidrio ionómero son utilizados con altas tasas de éxito, por sus efectos antimicrobianos y de remineralización.<sup>32</sup>

#### **b) Tratamiento pulpar directo:**

Este procedimiento consiste en aplicar un medicamento sobre la pulpa sana que ha sido expuesta accidentalmente durante un acto operatorio. El diente debe estar asintomático y libre de contaminación bucal. Se realiza con la finalidad de estimular la formación de dentina y mantener la vitalidad pulpar.<sup>32</sup> En los dientes primarios con exposición por caries no está recomendado, pero puede ser exitosa en dientes permanentes jóvenes; el fracaso del tratamiento puede resultar en una resorción interna o en un absceso dentoalveolar agudo.<sup>31</sup>

El material más utilizado y de elección es el hidróxido de calcio, tras su aplicación directa sobre el tejido pulpar origina necrosis y una inflamación del tejido contiguo, asimismo forma un puente de dentina entre ambos. El hidróxido de calcio mantiene el estado local de alcalinidad (pH de 11) que requiere la formación de hueso o de dentina.<sup>32</sup>

Recientemente se han publicado resultados excelentes mediante la utilización del MTA como agente de recubrimiento pulpar. Al compararse con el hidróxido de calcio,

el MTA indujo la producción de más puentes de dentina en un tiempo menor y con menos inflamación, apareciendo precozmente la aposición de dentina.<sup>32</sup>

### **c) Pulpotomía:**

Es el tratamiento más común en lesiones de caries con exposición pulpar en molares primarios. Este procedimiento consiste en la amputación de la porción coronal afectada o infectada de la pulpa dental, preservando la vitalidad y la función de la pulpa radicular, que debe encontrarse sana o en capacidad de curar. También se logra con este tratamiento, mantener el diente, preservando la integridad del arco dentario.<sup>33</sup> El diente debe ser restaurado logrando el completo sellado y evitando la microfiltración.

### **d) Pulpectomía**

La pulpectomía es una técnica endodóntica mediante la cual se realiza el retiro total de la pulpa vital o necrótica.<sup>34</sup> El objetivo de esta terapia consiste en mantener los dientes primarios previniendo la pérdida de espacio y maloclusiones.

Esta terapia ha sido objeto de mucha controversia, debido a las dificultades del sistema canalicular de los dientes primarios, suponiendo que no podrán limpiarse, remodelarse ni obturarse adecuadamente y por el temor de lesionar los gérmenes de los dientes permanentes en desarrollo. Sin embargo, a pesar de estas objeciones, el tratamiento de los conductos radiculares, es recomendable y se obtienen altas tasas de éxito. Sin duda brinda la preservación del diente natural.<sup>34</sup>

Indicaciones:

- Inflamación pulpar irreversible.
- Tejido pulpar no vital con o sin inflamación.
- Hemorragia profusa, que no se logra detener, de coloración roja oscura y tejido pulpar desintegrado.
- Resorciones internas.
- Exposición pulpar al medio bucal, por traumatismos ocurridos hasta un máximo de 48 horas.

- En aquellos casos de ausencia del sucesor permanente.

Contraindicaciones:

- Dientes con extensa destrucción coronaria, que imposibiliten su restauración de la corona clínica.
- Dientes primarios con fractura radicular a nivel del tercio cervical.
- Resorción interna avanzada, perforante, con separación de los tercios radiculares.
- Diente con más de 2/3 de rizólisis o pieza permanente a punto de emerger.
- Presencia de quiste folicular o dental.
- Presencia de lesión periapical o interradicular que incluye el germen del diente permanente en desarrollo.

Para la obturación de los conductos radiculares se emplean materiales reabsorbibles que acompañen el proceso de rizólisis y no sean irritantes para los tejidos adyacentes ni para el germen permanente, igualmente deben ser fáciles de manipular, de remover, que sea radiopaco y que no produzca decoloraciones al diente.

<sup>31</sup> El conducto no debe quedar ni sobre ni infra obturado, siendo el óxido de zinc eugenol el material más empleado.

Actualmente se recomienda el uso de pasta yodofórmica y más recientemente una mezcla de pasta iodoformica con hidróxido de calcio (Vitapex®), obteniendo resultados favorables clínicos y radiográficos. Estos medicamentos son de fácil aplicación, se reabsorben adecuadamente y son radiopacos. <sup>35</sup>

### **3.2.1.10. Complicaciones posteriores a la terapia pulpar.**

El seguimiento radiográfico posterior al tratamiento endodóntico es primordial para valorar el éxito o fracaso a largo plazo de este. El control tardío puede variar según la patología tratada, por lo general a los 6 - 12 meses en la pulpitis y 1 - 4 años en la periodontitis apical. Deben realizarse controles radiográficos de rutina post-tratamientos después de un año, evaluando si presenta neoformación ósea,

persistencia del proceso osteolítico periapical o interradicular, resorción de material excedente, resorción radicular fisiológica o resorciones internas.

La resorción interna representa una respuesta anormal frente a una pulpotomía, es una complicación indiferentemente del medicamento utilizado, sin embargo ha sido reportado que es causada por el formocresol o por el hidróxido de calcio, aunque los estudios han comprobado que las razones de la resorción posiblemente se deban a inflamación crónica de la pulpa residual y/o a la presencia de un coágulo de sangre en la superficie de la herida antes de cubrir con el hidróxido de calcio.

La resorción dentinaria interna constituye una actividad destructiva, osteoclástica, puede desarrollarse lenta o rápidamente, puede afectar la corona o la raíz, ocasionando perforaciones en casos extremos. Todos los materiales que son empleados en recubrimientos pulpares son irritantes y producen cierto grado de inflamación con presencia de osteoclastos que inician la resorción.

Son pocos los casos que se presentan a un mes de realizado el tratamiento, gran parte se observan a los 6 meses y la mayoría al año. Clínicamente es poco frecuente la sintomatología dolorosa; radiográficamente se observa una imagen radiolúcida, de forma redondeada u ovoide, que se extiende del conducto a la periferia, pudiendo provocar fractura de la raíz. Si se detecta precozmente se puede realizar una pulpectomía.<sup>35</sup>

Un absceso alveolar también podría aparecer al cabo de unos meses de realizado el tratamiento pulpar. El diente no suele presentar síntomas y por lo tanto el paciente ignora la presencia de infección, esta puede localizarse en el hueso que rodea los ápices o en la zona de la furcación radicular. También puede existir un trayecto fistuloso, característico de una infección crónica.<sup>35</sup>

## **3.2.2 PULPOTOMÍA**

### **3.2.2.1. Definición**

El objetivo principal de la terapia pulpar es mantener la integridad del diente como de los tejidos de soporte. Es necesario intentar mantener la vitalidad pulpar de dientes afectados por caries y lesiones traumáticas.

Lo primero que se debe decidir en pacientes pediátricos con una o más lesiones extensas de caries es si hay que preservar el diente, evaluando posibilidades de restauración para decidir por un tratamiento endodóntico. Todo plan de tratamiento debe estar basado en una adecuada anamnesis y examen clínico tomando en cuenta el aspecto sistémico, oral y social de cada paciente.<sup>33</sup>

La pulpotomía es el tratamiento más común de lesiones cariosas con exposición pulpar en molares primarios. Este procedimiento consiste en la amputación de la porción coronal afectada o infectada de la pulpa dental, preservando la vitalidad y la función de la pulpa radicular, que debe encontrarse sana o en capacidad de curar, esto se logra con un medicamento biocompatible, con el fin que la pieza dentaria pueda cumplir su ciclo vital. También se logra con este tratamiento, mantener la pieza dentaria, preservando la integridad en el arco dentario.<sup>36</sup> El diente debe ser restaurado de tal forma que logre un completo sellado y evite la microfiltración.<sup>37</sup>

### **3.2.2.2. Indicaciones y contraindicaciones**

Indicaciones

- Dientes asintomáticos o con dolor transitorio.
- Dientes con exposición del tejido pulpar vital por caries o trauma.
- Dientes con rizólisis incompleta (hasta 2/3 de longitud radicular).
- Dientes con pulpa expuesta por traumatismo por más de 24 horas.
- Dientes con destrucción extensa coronaria, que no se requiera espigos intracanaliculares.
- Pieza dentaria con posibilidades para su restauración

- Sin evidencia de reabsorción interna, ni absceso y fístula

#### Contraindicaciones

- Diente no restaurable
- Dientes con dolor espontáneo
- Signos de patología periapical o en bifurcación.
- Movilidad patológica
- Diente cercano a exfoliar, con resorción fisiológica de más de 2/3.
- Incapacidad para controlar la hemorragia pulpar tras la amputación de la pulpa coronal.
- Presencia de fístula y/o edema.

Las evidencias del éxito de este tratamiento son:

- Ausencia de síntomas o signos clínicos adversos y prolongados (dolor, inflamación, sensibilidad)
- Ausencia de signos radiográficos de resorción interna.
- Vitalidad de la pulpa radicular.
- Ausencia de trastornos en los tejidos perirradiculares.
- Ausencia de lesiones en los dientes permanentes.
- La obliteración del conducto pulpar (calcificación anormal), no se considera un fracaso.

#### **3.2.2.3. Procedimiento**

1. Aplicación de anestesia local.
2. Aislamiento absoluto de la pieza.
3. Retiro de la lesión cariosa.
4. Retiro del techo de la cámara pulpar mediante el uso de fresas.
5. Amputación de la pulpa coronal mediante el uso de cureta de dentina.

6. Hemostasia con algodón estéril (la hemostasia debería ser alcanzada dentro de los 4 minutos posteriores a la colocación del algodón). En ocasiones se prefiere agregar algodón con suero fisiológico.
7. Administración de la medicación pulpar.
8. Colocación de base óxido de zinc-eugenol (OZE) o IRM (OZE reforzado) y restauración final, de preferencia una corona de acero preformada.



#### **3.2.2.4. Controversia en la medicación pulpar**

El medicamento ideal para esta terapia debe: ser bactericida, inocuo a la pulpa y estructuras vecinas, promover la reparación de la pulpa radicular y no debe interferir con el proceso de resorción fisiológica.<sup>29</sup> Esta medicación aún no ha sido encontrado. Desde los últimos 70 años la medicación más frecuentemente utilizado en las pulpotomías de dientes primarios es el formocresol, debido a su facilidad de uso y excelente éxito clínico, pero existe gran controversia con respecto a su distribución sistémica y posibles acciones tóxicas, alergénica, mutagénicas y carcinogénicas, lo que ha causado que los investigadores busquen otras alternativas.

Fuks (2008) y Srinivasan y cols. (2006) citan que en Junio del 2004 la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer clasifica al formaldehído como cancerígeno para los seres humanos.<sup>38</sup>

Con base a la información disponible, un grupo de expertos determinaron que hay evidencia suficiente que el formaldehído causa cáncer nasofaríngeo, hay pruebas limitadas para el cáncer de la cavidad nasal y senos paranasales.

En la literatura odontológica no ha habido una discusión suficiente sobre el uso apropiado y seguro de productos con base de aldehídos en odontopediatría. Estos problemas de seguridad del uso del formocresol han hecho que en algunos países no se utilice. Sin embargo Milnes (2006) citado por Fuks (2008) realizó una extensa y detallada publicación de las investigaciones más recientes sobre el metabolismo, farmacocinética y carcinogenicidad del formaldehído y concluyó que este medicamento no es un potente carcinógeno humano en condiciones de baja exposición. Sugiere que el uso del formaldehído en la terapia pulpar pediátrica tiene un riesgo cancerígeno insignificante.<sup>39</sup>

Assed y cols. (2008) refieren que varios estudios han demostrado el éxito del formocresol, esto debe interpretarse con cierta reserva ya que siendo estudios clínicos y radiográficos, desconocen las reacciones histopatológicas desfavorables con el uso de este material, si se evalúa la técnica de pulpotomía con formocresol histológicamente, revela reacción inflamatoria severa.<sup>40</sup>

Estudios revelan que se ha obtenido 97% de éxito clínico a pesar de los efectos irritantes del formocresol, siendo el formaldehído su componente de mayor citotoxicidad. Sin embargo, cuando se realizan análisis histológicos, el número de éxito disminuye en relación a los controles clínico-radiográficos, mostrando desde una inflamación leve hasta una total degeneración o necrosis pulpar con sustitución con tejido de granulación o tejido conjuntivo proveniente de la región apical.<sup>41</sup>

Como posibles alternativas o sustitutos del formocresol se han sugerido varios medicamentos como el hidróxido de calcio, sulfato férrico, MTA, láser, electrocirugía, colágeno, etc.<sup>39</sup> Revisiones sistemáticas y meta-análisis han demostrado similares tasas de éxito entre el formocresol y el sulfato férrico. El MTA ha sido el medicamento

que mejores resultados ha reportado y la primera opción para sustituir al formocresol en pulpotomías en relación a tasas de éxito, sin embargo el MTA es un medicamento de alto costo, de difícil manejo y de un solo uso, por esas razones es usado con menor frecuencia.<sup>41</sup>

### **3.2.2.5. Medicación pulpar en pulpotomías**

#### **a) Pulpotomía con formocresol**

Buckley fue el primero en introducir al formocresol como medicamento pulpar en 1904, y desde 1930 Charles Sweet lo utilizó para el tratamiento de pulpotomías de molares primarios vitales, desde entonces ha sido el agente más utilizado en todo el mundo,<sup>42</sup> sin embargo, dado a los posibles problemas de toxicidad del formocresol, otras técnicas se han desarrollado en los últimos años, Hunter y Hunter (2003), realizaron cuestionarios a 184 Odontopediatras del Reino Unido, con respecto a las pulpotomías en dientes primarios vitales, concluyó que el fármaco usado con más frecuencia fue el formocresol, en una solución 1:5. Aunque más de la mitad de los profesionales que practican la técnica muestran su inquietud y preocupación con respecto a los efectos adversos potenciales del formocresol y el formaldeído, considerando cambiar su técnica.<sup>43</sup>

King y cols. (2002) enviaron encuestas a 806 miembros de la Academia Americana de Odontopediatría (AAPD), para determinar la concentración de formocresol usada por los Odontopediatras en sus consultas privadas, obteniendo que el 69% utiliza la fórmula concentrada y el 27% la fórmula diluida, desconociendo la razón, concluyen que la mayoría de los profesionales utilizan el formocresol en su fórmula concentrada.

44

En las encuestas realizadas por Dunston y Coll en 2008, sobre las prácticas de terapia pulpar que enseñan en las escuelas dentales americanas y practicada por los diplomados de la Academia Americana de Odontopediatría, refieren que las pulpotomías con formocresol diluido se siguen realizando pero cada vez menos en comparación del año 1997, en cambio el uso de sulfato férrico ha aumentado.<sup>45</sup>

### *Técnica de Pulpotomía con Formocresol:*

Se realiza apertura cameral de la pieza hasta que se observe los cuernos pulpaes, se induce el control la hemorragia con una bolita de suero fisiológico, luego se vierte una bolita de algodón con formocresol, diluido al 1/5 en contacto directo con el muñón pulpar por 5 minutos, este no debe tener contacto con los tejidos blandos, ya que es cáustico. Posteriormente debe notarse parduzco y sin presencia de hemorragia, se debe repetir el procedimiento si existiera alguna zona de la pulpa que no tuvo contacto con el formocresol, es aconsejable que las bolitas de algodón sean pequeñas para permitir un mejor contacto entre el material y la pulpa. <sup>32</sup>

Finalmente se sella la cavidad con óxido de zinc- eugenol sobre los cuernos pulpaes fijados y se realiza la restauración definitiva.

La desventaja de este procedimiento es la dificultad en controlar la difusión del medicamento y también que el tejido necrótico del conducto puede causar irritación crónica del área apical. <sup>46</sup>

### **b) Pulpotomía con hidróxido de calcio**

En 1920, Hermann comienza a utilizar primero como material de relleno de pulpectomías y en 1930 como medicamento de protección pulpar. En el 70% de las Facultades de Odontología escandinavas lo utilizan como material de elección en pulpotomías. <sup>41</sup>

El hidróxido de calcio se puede encontrar en forma químicamente pura, soluciones acuosas, suspensión, barnices modificados, pastas y cementos.

El hidróxido de calcio puede actuar como un buffer local contra las reacciones ácidas producidas por el proceso inflamatorio. El pH alcalino puede también neutralizar el ácido láctico secretado por los osteoclastos y esto puede ayudar a prevenir posterior destrucción del tejido mineralizado.

En esta técnica el tejido pulpar remanente debe ser protegido con hidróxido de calcio, debido a su capacidad de preservar la vitalidad del tejido, estimulando el

proceso de reparación y formación del tejido mineralizado sobre el mismo, semejante a lo que ocurre después de las protecciones pulpares directas.<sup>40</sup>

A causa de su alcalinidad, pH 12, es tan cáustico que al aplicar en contacto con la pulpa vital, la reacción produce una necrosis superficial, debajo de esta se inicia el proceso de reparación. Su alta alcalinidad es responsable de la muerte celular por coagulación proteica y también conduce a la actividad de la fosfatasa alcalina de las células viables del tejido conjuntivo adyacente, que se diferencian en odontoblastos que producirán la matriz dentinaria.

Mani, Charla, Tewari (2002) consideran que la propiedad alcalina del material ayuda a contrarrestar el proceso de inflamación actuando como un buffer local y activando la acción de la fosfatasa alcalina para la formación de tejido duro. La naturaleza irritante del material causa destrucción de las células vecinas mientras que células que se encuentran distantes son estimuladas para responder con calcificación.

Un estudio realizado por Waterhouse ha mostrado que resultados muy favorables han sido alcanzados con el hidróxido de calcio en forma de polvo, cuando ha sido aplicado con cuidado. Después de la hemostasia, el polvo de hidróxido de calcio fue colocado en la cámara pulpar, condensado sobre los muñones de la pulpa con un atacador de amalgama y pequeñas torundas de algodón. El fracaso de esta técnica es explicado por la presencia de un coágulo extrapulpar que separa el hidróxido de calcio del tejido pulpar y así influye negativamente en la curación. Tanto el contenido de calcio como las propiedades alcalinas de la preparación son importantes para alcanzar la curación. Una capa inicial de tejido necrótico se desarrolla, que es asociado con una reacción inflamatoria. Estudios a largo plazo presentan una tasa de éxito inferior a otros materiales. Waterhouse recomienda más estudios a largo plazo.

#### *Técnica de Pulpotomía con Hidróxido de Calcio:*

Es fundamental que posterior a la remoción de la pulpa coronal, no se forme un coágulo de sangre, el cual podría ser una barrera mecánica entre el material protector

y el tejido pulpar remanente, la fibrina del coágulo ejerce un efecto quimiotáctico sobre los polimorfonucleares, lo que potenciará la reacción inflamatoria generada por el corte de la pulpa, retardando la reparación, además los productos de degradación interferirán con el proceso de reparación, ya que el coágulo puede actuar como substrato bacteriano, atrayendo bacterias hacia el lugar de la exposición pulpar. Para evitar la formación del coágulo, Assed y cols. (2008) sugiere irrigar sucesivamente la cámara pulpar con solución fisiológica y realizar un ligero secado con puntas de papel absorbente estériles, y no por medio de compresión con bolitas de algodón. Se prefiere que la técnica sea en una cita, junto con la restauración, fundamentado en el hecho de que el hidróxido de calcio por si solo desempeña una acción antiinflamatoria.

40

### **c) Pulpotomía con sulfato férrico**

Monsel realizó la primera solución de sulfato ferroso al 20%, denominada “Solución de Monsel” para realizar pruebas de sangre, biopsias de piel y mucosa, en 1857, en el Hospital Militar de Bordeaux, Francia.<sup>47</sup>

El sulfato férrico  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  es un compuesto químico, no alcohólico, de pH ligeramente ácido. Fue propuesto para su uso en pulpotomías por Landau y Johnsen (1988), quienes encontraron resultados histológicos favorables al 15.5%.<sup>41</sup> El mecanismo de acción parece estar relacionado con la aglutinación de proteínas sanguíneas por la reacción de la sangre con los iones férricos y sulfatos con el pH ácido de la solución. Las proteínas aglutinadas forman conexiones que ocluyen los orificios de los capilares, produciendo la formación del coágulo de sangre.<sup>41</sup> El material es aplicado durante 15 segundos para alcanzar la hemostasia. El sulfato férrico se utiliza actualmente al 20% (Viscostat®).

Este agente hemostático, a diferencia del formocresol, no momifica el tejido pulpar ni produce efectos a largo plazo en los dientes y en el resto del cuerpo.

El uso del sulfato férrico se recomendó con el fin de prevenir los problemas derivados de la formación de coágulos después de eliminar la pulpa coronal y al mismo tiempo disminuir las posibilidades de inflamación y resorción interna, factor importante que se daba en pulpotomías con hidróxido de calcio.

Estudios clínicos recientes sobre este medicamento (agente hemostático) han informado resultados prometedores, cuando se utiliza en pulpotomías de dientes primarios.

Peng y cols. 2007, realizaron una revisión sistemática y meta-análisis de los efectos del formocresol y el sulfato férrico como agentes en pulpotomías de dientes primarios, incluyeron 11 estudios clínicos, que comprendían, 4 ensayos aleatorios, 4 ensayos clínicos controlados y 3 estudios retrospectivos. Incluyeron estudios donde los molares primarios tuvieran exposición pulpar vital, mínimo 6 meses de seguimiento, ausencia de resorción radicular e imagen apical, inflamación y que hubieran sido restaurados con coronas de acero inoxidable. No hubo diferencias significativas entre ambos agentes y concluyeron que el sulfato férrico puede ser recomendado como un sustituto adecuado en las pulpotomías de molares primarios.<sup>48</sup>

Huth y cols. 2012, presentaron un estudio a largo plazo comparando la efectividad del láser Er:YAG, el hidróxido de calcio y sulfato férrico con el formocresol en molares asintomáticas, con exposición pulpar por caries, la muestra estuvo constituida por 200 molares primarios en 107 niños, estos fueron tratados y evaluados luego de 6, 12, 18, 24 y 36 meses. Las tasas de éxito transcurridos a los 36 meses fueron: 72% para el formocresol, 73% para el láser, 46% para el hidróxido de calcio y 76% sulfato férrico. Concluyeron que el sulfato férrico presenta mejores resultados que las otras técnicas, mientras que el hidróxido de calcio reveló la menor tasa de éxito después de 3 años de seguimiento. Por lo que recomiendan la terapia pulpar de sulfato férrico como fácil y exitosa en molares primarios con exposición pulpar por caries.<sup>49</sup>

Una evaluación realizada por Loh et al (2004) a base de pruebas clínicas del sulfato férrico y formocresol en un meta-análisis, los datos clínicos indicaron que el SF era significativamente más exitoso que el FC; sin embargo, datos radiográficos no indicaron ninguna diferencia entre ambos medicamentos. Esta evaluación concluyó que en dientes deciduos con pulpitis reversible a las que se les realiza pulpotomía con FC o con SF, probablemente tiene éxito clínico-radiográfico similar.<sup>50</sup>

Un estudio realizado por Deery (2005) obtuvo valores similares, en el que concluye que el formocresol y el sulfato férrico tienen éxito clínico-radiográfico similar<sup>51</sup>

Un estudio, realizado por Casas et al (2003), observaron que el 55% de dientes tratados con sulfato férrico mostraron resorción interna y el 71% de los dientes tratados presentaron obliteración del canal radicular en un seguimiento de dos años.<sup>52</sup>

Ante la diversidad de resultados, la mayoría de los autores consideran que son todavía necesarios más estudios a largo plazo para establecer conclusiones definitivas acerca del uso del sulfato férrico en pulpotomías de dientes primarios.

#### **d) Pulpotomía con Mineral Trióxido Agregado (MTA)**

El Mineral Trióxido Agregado fue desarrollado y reportado por primera vez en 1993 por Lee, Torabinejad y colaboradores en la Universidad de Loma Linda, California. La FDA (United States Food and Drug Administration) aprobó su uso en 1998 como un material en la terapéutica endodóntica. Sus primeras descripciones en la literatura dental, lo muestran asociado principalmente al uso de obturaciones retrógradas en apicectomías y reparación de perforaciones endoperiodontales. En 2001 comenzó a utilizarse en pulpotomías de dientes primarios. El preparado que se emplea es el MTA gris debido a que el blanco no presenta buenos resultados.<sup>53</sup>

Composición:

- 75%: Silicato tricálcico, aluminio tricálcico, silicato dicálcico y aluminato férrico tetracálcico.

- 20%: Óxido de Bismuto.
- 4,4%: Sulfato de calcio dihidratado.
- 0,6%: Residuos insolubles. (Sílica cristalina, óxido de calcio, sulfato de potasio y sodio).

Investigadores concluyen que el MTA pertenece a los cementos tipo Portland, a excepción del óxido de bismuto que sería un componente añadido a este material. Debido a la presencia de óxido de bismuto e impurezas, el cemento Portland no debe ser utilizado en humanos. Según los estudios, esta sustancia se emplea generalmente en selladores de conductos para dar radiopacidad y para suavizar la mezcla del cemento, proporcionando una masa más homogénea y de más fácil manipulación.

El MTA es un material biocompatible, la hidratación del material resulta en un gel coloidal que solidifica, formando una estructura rígida. Después de la mezcla del MTA con agua, presenta un pH básico de 12.5 después de 3 horas y tiene una gran capacidad de sellado, lo que favorece el proceso de curación pulpar, este pH altamente alcalino favorece las propiedades antimicrobianas del material. El material fragua en un medio húmedo y tiene baja solubilidad la reducción de la infección bacteriana y la formación de dentina reparadora. Además es radiopaco, lo que permite su control radiográfico, un nivel de resistencia a la compresión suficiente para ser material de relleno de la cámara pulpar, y baja solubilidad, lo que permitiría su permanencia en el tiempo de forma estable en la cámara pulpar.<sup>54</sup>

Comparado con otros materiales, como el eugenato, el MTA muestra menor microfiltración, menos toxicidad y mejor efecto bacteriostático. También promueve la cicatrización, y provee un buen sellado.

Características del MTA:

- Grado óptimo de biocompatibilidad con los tejidos periapicales y la pulpa.
- Capacidad de sellado del material.

- Estimula la liberación de citoquinas de fibroblasto de la pulpa.
- Inducción de tejido escleroso en el tejido pulpar.
- Adaptación marginal.
- Radiopacidad.
- Inducción de formación de tejido mineralizado.
- Histológicamente ha revelado que induce la cementogénesis y depósito de hueso con una respuesta inflamatoria mínima o ausente.

Fuks (2008) refiere que considerando los avances en las técnicas de terapia pulpar, los resultados favorables que se vienen alcanzando con el uso del MTA son significativos si se compara con el formocresol. En los casos tratados con formocresol o sulfato férrico se presentan resorciones internas, lo que no se ha observado en los dientes tratados con MTA, considera que su mayor problema es el alto costo, ya que una vez abierto el envase, ya no es posible guardar el resto del material y debe desecharse.<sup>39</sup>

Hadeer y cols. (2004) evaluaron 60 dientes, de estos un diente se exfolió fisiológicamente (MTA gris) y seis dientes (4 con MTA blanco, 2 con formocresol) fracasaron por formación de abscesos, el resto mostro éxito clínico y radiográfico. Histológicamente demostraron que ambos tipos de MTA inducían la formación de una gruesa capa de puentes de dentina, mientras que en el grupo de formocresol la capa era delgada y estaba poco calcificada. Con el MTA gris, la arquitectura pulpar se asemejaba más a la normal que con el blanco, que presentaba un patrón fibrótico denso con calcificaciones pulpares aisladas. Concluyen que el MTA gris era mejor que el blanco y que el formocresol, en el tratamiento de pulpotomías en dientes primarios.

55

Pinar y cols. 2011, realizaron un estudio por 24 meses con el objetivo de evaluar el éxito de las pulpotomías con MTA, sulfato férrico y formocresol, evaluaron además un

grupo utilizando solo óxido de zinc eugenol. En sus resultados revelan que no observaron diferencias significativas en las tasas de éxito en los 4 grupos a los 6 y 12 meses. A los 24 meses la tasas de éxito fueron 96% para el grupo del MTA, 88% para sulfato férrico, 88% para el formocresol y 68% para el cemento de óxido de zinc eugenol (OZE). Concluyen que el OZE como único medicamento en pulpotomías tiene un significativo bajo porcentaje de éxito en comparación con el MTA. Las diferencias entre formocresol, MTA y sulfato férrico no fueron estadísticamente significativas, sin embargo, resaltan que la tasa de éxito radiográfico con el uso del MTA son más altas que en los otros dos agentes en 2 años.<sup>56</sup>

Agamy et al (2004) hicieron una evaluación clínica y radiográfica que compara MTA Blanco, MTA Gris y formocresol. Después de 12 meses, el MTA gris no presentó ningún fracaso (100% de éxito), el MTA blanco presentó 4 fracasos (90% de éxito) y el FC 2 fracasos en cuanto a la evaluación clínica y radiográfica. El MTA gris preservó mejor el tejido pulpar y promovió la formación de puente dentinario. El FC indujo poca formación de dentina. Los autores concluyen que el MTA gris parece ser superior al MTA blanco y al FC en el tratamiento de pulpotomía en dientes deciduos. El MTA blanco difiere de la composición del MTA gris porque éste presenta en su composición aluminato férrico tricálcico, pudiendo justificar los resultados encontrados.

La carencia de resorción interna además de la biocompatibilidad, capacidad de sellado e inducción de la formación de tejido escleroso parece favorecer la investigación a largo plazo sobre el empleo de MTA para la terapia pulpar en dientes primarios.

Más estudios, principalmente longitudinales, deben ser realizados para confirmar la aplicación clínica del MTA en Odontopediatría. En este momento, una desventaja al empleo clínico de MTA es su costo en relación con otros agentes y problemas percibidos con su almacenaje.

### **e) Pulpotomía con hipoclorito de sodio**

Recientemente, una alternativa prometedora para la medicación en pulpotomías es hipoclorito de sodio (NaOCl), que es utilizado como irrigante de dientes permanentes en tratamientos de conductos desde el año 1920 y ha demostrado ser un muy buen antimicrobiano sin ser un irritante pulpar significativo.<sup>57</sup>

Los estudios histológicos han demostrado que posee propiedades antimicrobianas y no parece interferir en la curación del tejido pulpar.<sup>47</sup>

Hay pocos estudios clínicos que hayan estudiado los efectos del hipoclorito de sodio en pulpotomias.

Rosenfeld et al mostraron que la colocación de NaOCl 5% en el tejido pulpar vital no instrumentado actuó solamente en la superficie, con efectos mínimos.<sup>58</sup> Aunque NaOCl no se ha utilizado como un medicamento para pulpotomía en dientes deciduos, un estudio de Hafez y col no mostraron inflamación pulpar después del control de la hemorragia, que se obtuvo con NaOCl al 3% en pulpotomias de dientes de mono adulto. En contraste, la necrosis pulpar se encontró de forma significativa con formocresol.<sup>59</sup>

En 2006, Vargas y col, presentaron resultados preliminares del uso del NaOCl al 5% en pulpotomias de molares primarios en comparación con el sulfato férrico obteniendo un éxito clínico a los 12 meses del 100% y un éxito radiográfico del 79%.<sup>9</sup>

Posteriormente, en 2011, Vostatek y col, en un estudio retrospectivo en un plazo de 3-21 meses, obtuvieron resultados similares con un éxito clínico de 95%,y radiográfico del 82%.<sup>16</sup>

Accorinte y col, evaluaron FeSO<sub>4</sub>, NaOCl, hidróxido de calcio Ca(OH<sub>2</sub>), y solución salina como agentes hemostáticos en premolares humanos pulpotomizados y restaurados con resina compuesta. Sus resultados mostraron que el 60% de los sujetos con pulpotomías FeSO<sub>4</sub> tenía sensibilidad al frío, y el análisis histológico

mostró una intensa respuesta inflamatoria. Por otro lado, no se encontró dolor o sensibilidad al recibir el hipoclorito de sodio o Ca (OH)<sub>2</sub>.

La evaluación histológica también mostró inflamación crónica comparable para ambos de estos medicamentos.<sup>60</sup> Estos resultados apoyan el propósito de comparar la eficacia de NaOCl 5% y FeSO<sub>4</sub> como medicamento en pulpotomías en molares primarios cariados.

### **3.2.2.6. Técnicas no farmacológicas en pulpotomías**

#### **a) Láser**

El uso de la radiación láser se ha sugerido como una técnica hemostática, no farmacológica en pulpotomías de dientes primarios.

Para la realización de la terapia pulpar existen varios tipos de láser, como el de argón, láser de dióxido de carbón, láser Nd: YAG, láser He-Ne, entre otros. Estos en general son láser de alta intensidad. Pueden ser indicados como coadyuvantes a las terapias endodónticas convencionales, promoviendo hemostasia a través de los efectos térmicos, remoción rápida y precisa del tejido pulpar.<sup>61</sup>

Liu, realizó un estudio en 2003, para evaluar los efectos del láser Nd: YAG en pulpotomías en dientes primarios, con seguimiento clínico cada 3 meses y radiográfico cada 6 meses. Las tasas de éxito clínico y radiográfico fueron de 96.6% y 90.6% respectivamente. El éxito de las pulpotomías con láser Nd: YAG en un período de seguimiento de 20.4 meses promedio, fue más alto que las pulpotomías con formocresol (grupo control), y el sucesor permanente erupcionó sin ninguna complicación, por lo que concluyen que el láser Nd: YAG podría ser considerado como una técnica de pulpotomía en la práctica clínica.<sup>61</sup>

#### **b) Electrocirugía**

Es también denominada electrofulguración o electrobisturí y constituye otra terapia no farmacológica de tratar el tejido pulpar inflamado antes de colocar un material de

revestimiento. Los electrobisturís que se han utilizado hasta la fecha son el Hyfrecator 705 y el Storbex Ultron, siempre a media potencia.<sup>42</sup>

Esta terapia tiene como finalidad coagular el tejido pulpar radicular remanente, sin provocar una desvitalización química, como ocurre con el formocresol. Luego de ser utilizada, se observa, además de las proteínas coaguladas, un remanente tisular con inflamación y necrosis. El proceso electroquirúrgico no puede eliminar la inflamación de la pulpa radicular. Por lo tanto, el éxito de esta técnica depende del estado inicial del tejido pulpar.

Galatayud y cols. (2006), en su análisis de estudios clínicos sobre la eficacia de las técnicas alternas al formocresol en pulpotomías en dientes primarios, presentó los resultados de 4 estudios de pulpotomías por electrocoagulación, con éxito clínico y radiográfico en dos estudios por 6 meses promedio de 87.3% y 74.5% respectivamente. Un tercer estudio de un año reportó éxito clínico de 96% y radiográfico 84% y el cuarto de 2 años de seguimiento 99.4% clínico y 97.5% radiográfico.<sup>42</sup>

### **c) Vidrios Bioactivos**

Son materiales biocompatibles que se adhieren con rapidez al tejido óseo, por eso son considerados como biomateriales osteoconductores. Hoy en día existen evidencias de que tienen capacidad de servir como materiales inductores de la deposición de tejido mineralizado.<sup>62</sup>

En función de su biocompatibilidad y capacidad antibacteriana, este material podría comportarse adecuadamente en el tratamiento de pulpotomía, debido a que estos vidrios estimulan a los osteoblastos y promueven la reparación de lesiones localizadas en tejidos óseos, también podrían estimular a los odontoblastos e inducir la deposición de dentina sobre el tejido pulpar.<sup>62</sup>

#### **d) BMPs (Proteínas Óseas Morfogenéticas)**

A partir del descubrimiento de las proteínas morfogenéticas y sus propiedades inductivas en la formación del hueso, se han efectuado numerosas investigaciones que han permitido conocer toda una serie de funciones y propiedades de esta sustancia. Las posibilidades de aplicación de este descubrimiento son innumerables en las diversas áreas de la odontología y medicina. Es un término genérico para una familia de proteínas que poseen propiedades de inducción ósea. Son proteínas osteogénicas que forman parte del Factor de Crecimiento Tumoral. Están implicadas en la diferenciación celular, morfogénesis tisular, regeneración y reparación. Estudios han demostrado que las BMPs estimulan la inducción y formación de células mesenquimatosas con grados de variación de formación de puente dentinario, sin embargo la formación del puente dentinario solo indica que haya reparación del tejido pulpar.<sup>63</sup>

Las BMPs presentan diversas posibilidades de aplicación en odontología.<sup>63</sup> Las indicaciones para el uso de BMPs están asociadas principalmente a grandes pérdidas óseas, corrección de anomalías de desarrollo y neoplasias, así como de dolencias infecciosas e inflamatorias. Otras indicaciones incluyen la elevación del reborde alveolar; como auxiliar de osteointegración en la superficie de implantes; en fracturas extensas con pérdida de tejido, imposibilitando la captación de los segmentos; y en la inducción de formación de dentina reparativa.

Las proteínas morfogenéticas óseas son representadas por la BMP-2, BMP-3 (osteogenina), BMP-4, BMP-5, BMP-6, BMP-7 (OP-1) y BMP-8 (OP-2), cuyos genes han sido clonados, generando proteínas recombinadas. La función exacta e interrelación de cada BMP no se ha esclarecido por completo. Según Saito y cols. (2004), citado por Assed (2008), las BMPs, específicamente la rhBMP-2, promueven la diferenciación de las células pulpares humanas en odontoblastos, induciendo una rápida deposición de dentina.<sup>62</sup>

La aplicación clínica de las proteínas morfogenéticas óseas (BMPs), no está limitado en la aceleración e inducción de la osteogénesis. De gran importancia en odontología ha sido la inducción de la dentinogénesis por BMPs después de la exposición pulpar; así como la aplicación local de BMP en tejidos periodontales buscando la reparación de estos tejidos <sup>63</sup>.

Las células de la pulpa dental tienen el potencial de diferenciarse en odontoblastos. <sup>65</sup> Los mecanismos moleculares de la diferenciación no están totalmente claros. La matriz dentinaria es osteoinducida y contiene BMP. <sup>64</sup>

La aplicación de BMP en pulpa dentaria se ha investigado desde 1990, Nakashima implantó BMP en pulpa dental; según este autor, se disuelve en los fluidos de los tejidos en un período de unas semanas después de la aplicación, estimulando la mitosis de células migratorias mesenquimales y diferenciación directa de estas células en odontoblastos u osteodentinoblastos. La matriz dentinaria, sugiere el autor, puede proveer una superficie apropiada para la fijación de células mesenquimales indiferenciadas propiciando su diferenciación. <sup>63</sup>

Aunque las BMPs, asociadas a medios de transporte adecuados (colágeno, fibronectina, glicosaminoglucanos, hidróxido de calcio o fosfato de calcio) están siendo utilizadas en investigaciones directamente sobre la pulpa demostrando buenos resultados, estos materiales tienen un alto costo para las investigaciones y hasta el momento no existe ninguna formulación de BMP diseñado para su uso clínico disponible en el comercio. <sup>62</sup>

#### **e) Colágeno**

El colágeno, combinado o no con la hidroxiapatita ha sido evaluado en estudios como medicamento en pulpas de animales. Varios estudios han demostrado respuestas histológicas que incluyen la regeneración completa del tejido pulpar y la formación de puente dentinario. <sup>62</sup>

Debido a que el colágeno es un constituyente integral de la dentina y matriz ósea, se cree que puede servir como estímulo de la dentinogénesis reparativa. Su uso en lesiones periodontales (Fuks et al 1991) sobre la respuesta pulpar al colágeno y glutaraldehído en dientes primarios de mandriles, produjo resultados inaceptables, pues se observó necrosis total e inflamación severa. Sólo se formó un puente dentinario en el 4% de los especímenes. Los autores atribuyeron el fracaso del colágeno a que la forma comercial no mantiene las características curativas del colágeno original, y a que posiblemente no permite un correcto sellado del área tratada, permitiendo el paso de sustancias tóxicas hacia el tejido pulpar y perirradicular.<sup>65</sup>

### **3.2.2.7. Clasificación de Ranly**

Varios procedimientos y medicamentos relatados en la literatura han sido clasificados por Ranly según los objetivos de tratamiento<sup>66</sup>:

1. **Desvitalización:** La intención es destruir el tejido pulpar coronal.

(Formocresol, Electrocoagulación)

2. **Preservación:** Retención de tejido vital máximo sin la inducción de dentina reparativa (Sulfato férrico, MTA, láser).

3. **Remineralización:** Estímulo de un puente dentinario.

(Hidróxido de calcio, Proteínas Morfogenéticas, Colágeno).

De las tres categorías, se espera que en la regeneración se desarrollen los más rápidos avances en los próximos años. Los avances en el campo de las Proteínas Morfogenéticas (BMP) han abierto nuevas expectativas en la terapia pulpar.<sup>66</sup>

### 3.2.3. FORMOCRESOL

#### 3.2.3.1. Definición

El formocresol (FC) ha sido el medicamento de opción y más estudiado para pulpotomía en dentición primaria desde su introducción por Buckley en 1904.<sup>67</sup> Hay diversos estudios publicados que relacionan su empleo con el éxito clínico que va desde el 55% al 98%.<sup>67</sup>

#### 3.2.3.2. Composición:

- Formaldehído (19%)
- Cresol (35%)
- Glicerina (15%)
- Agua (31%)



La fórmula fue modificada de modo que los preparados comerciales habitualmente disponibles consisten en un 19% de formaldehído y 35% de cresol en una solución de glicerina y agua. La concentración 1:5 de esta fórmula se prepara mezclando primero

tres partes de glicerina con una porción de agua destilada y luego agregando cuatro partes de este diluyente a una del formocresol.<sup>67</sup>

La glicerina se utiliza como emulsión (vehículo) para prevenir la polimerización del formaldehído<sup>68</sup>. El formaldehído, el más simple de los aldehídos, es un metabolito frecuente y un componente necesario para la síntesis de ciertos componentes bioquímicos esenciales en el hombre. El formaldehído, es una sustancia que ejerce acción de fijación tisular y antibacteriana, cuales son responsables del éxito clínico de la pulpotomía;<sup>67</sup> además que precipita proteínas y provoca trombosis e isquemia, el pequeño tamaño de su molécula facilita su penetración. El cresol es un cáustico antiséptico y disuelve las membranas celulares, además es una fuente desinfectante pero no tiene propiedades fijadoras.<sup>68</sup> Tanto el cresol como la glicerina atenúan el poder irritante del formaldehído.

Se considera que los compuestos del formocresol, son elementos tóxicos para las células, puesto que tienen una alta capacidad cáustica y provocan una inflamación y posterior necrosis total o parcial de los tejidos con los que entra en contacto.

### **3.2.3.3. Efectos tisulares del Formocresol**

- Altamente tóxico para las células.
- Afecta la respiración celular.
- Bloquea la síntesis de proteínas y de RNA.
- Puede tener efectos mutagénicos y carcinogénicos.

A pesar que los resultados clínicos y radiográficos obtenidos con el formocresol parecieran favorables, Rolling y Thylstrup demostraron que las tasas de éxito clínico disminuían cuando el tiempo de seguimiento continuaba. Después de la aplicación del formocresol sobre la pulpa, se observa la formación de cuatro capas: la primera, corresponde al tejido fijado por el medicamento; la siguiente; con un número reducido

de células y fibras (atrofiada); la tercera, con una concentración de células inflamatorias y la cuarta, con tejido normal.<sup>69</sup>

Su efecto comienza con una concentración de 0,75%, ya efectivo a los 30 segundos tras su aplicación, a concentraciones de 1,5%, histológicamente se ha observado que produce una primera zona amplia de fijación acidófila.<sup>70</sup>

El tejido del tercio apical es la fuente principal de controversia. Se puede encontrar una amplia variedad de condiciones pulpares, de manera que algunos autores creen que la pulpa está vital, mientras que otros lo identifican como una penetración de tejido conectivo, esta diversidad se debe a la acción del formocresol sobre la pulpa dependiente del tiempo de aplicación y la concentración utilizada.<sup>70</sup>

Duarte A. en 1991, mostró a través del análisis histológico, reacción pulpar al formocresol, tanto en su concentración original como en dilución 1:5, provocando alteración pulpar, desde una ligera inflamación o necrosis pulpar en las regiones próximas, hasta la necrosis en toda la extensión pulpar.<sup>71</sup>

Histológicamente se ha observado que el formocresol produce en el tejido pulpar una primera zona de fijación acidófila, en el tejido inmediatamente adyacente al lugar donde se aplica. Hacia la zona apical la fijación puede ser incompleta y al microscopio se observa una banda más ancha de tejido eosinófilo que se extiende al tercio apical del diente. La pérdida de detalle celular justifica la interpretación microscópica de necrosis por coagulación.

La presencia de coágulo sanguíneo y fragmentos de tejido duro o blando sobre la pulpa seccionada pueden influenciar en el proceso de fijación, retardando hasta impidiendo a que pueda ocurrir por un desequilibrio de la acción medicamentosa del formocresol por la presencia de humedad.<sup>69</sup>

### 3.2.3.4. Hallazgos histológicos en pulpotomias con formocresol

De la tesis de maestria de Spammer RG. University of Washington Library, 1965

24 horas	7 días	14 días	1 mes	2 meses	4 meses	6 meses
<p><b>Pulpa coronal</b></p> <p>Capa de fibrina</p> <p>Capa de eritrocitos</p> <p>Odontoblastos presentes en capas superficiales.</p> <p>Pérdida odontoblástica</p> <p>Edema intercelular</p> <p>Células inflamatorias agudas.</p> <p>Hiperemia</p> <p><b>Pulpa radicular</b></p>	<p><b>Pulpa coronal</b></p> <p>Capa de fibrina</p> <p>Capa de eritrocitos</p> <p>Odontoblastos presentes en capas superficiales.</p> <p>Pérdida odontoblástica</p> <p>Edema intercelular</p> <p>Células inflamatorias agudas.</p> <p><b>Pulpa radicular</b></p>	<p><b>Pulpa coronal</b></p> <p>Capa de fibrina</p> <p>Capa de eritrocitos</p> <p>Odontoblastos presentes en capas superficiales.</p> <p>Pérdida odontoblástica</p> <p>Edema intercelular</p> <p>Células inflamatorias agudas y crónicas.</p> <p><b>Pulpa radicular</b></p> <p>Proliferación de fibroblastos.</p>	<p><b>Pulpa coronal</b></p> <p>Reacciones de tejido pulpar similares a los del grupo de 14 días.</p> <p>Células inflamatorias crónicas</p> <p><b>Pulpa radicular</b></p> <p>Proliferación aumentada de fibroblastos.</p>	<p><b>Pulpa completa</b></p> <p>Capa de fibrina</p> <p>Proliferación fibroblástica.</p> <p>Aumento de fibras colágenas intercelulares.</p> <p>Pocos vasos sanguíneos.</p> <p>Inflamación crónica.</p> <p><b>Pulpa radicular</b></p> <p>Proliferación aumentada de fibroblastos.</p>	<p><b>Pulpa completa</b></p> <p>Proliferación fibroblástica</p> <p><b>Pulpa coronal</b></p> <p>Capa de fibrina</p> <p>Inflamación crónica incrementada.</p> <p>Deposición de dentina irregular (reparadora)</p> <p><b>Pulpa radicular</b></p> <p>Aumento de fibras intercelulares</p>	<p><b>Pulpa completa</b></p> <p>Capas de fibrina.</p> <p>Deposición de dentina irregular (reparadora), especialmente en el tercio coronal.</p> <p>Tejido pulpar vital.</p> <p>Aumento de fibras intercelulares.</p>

### 3.2.2.5. Controversias en el uso del formocresol

Desde que se evidenció que el formocresol no promueve la cicatrización de la pulpa y tiene efectos perjudiciales, la Academia Americana de Odontopediatría ha recomendado:<sup>70</sup>

- Eliminar el formocresol de cualquier tipo de pasta en contacto con la pulpa.
- Diluir el formocresol.
- Investigar el sustituto para el formocresol.

Ranly (1994) concluyó que múltiples pulpotomías con concentraciones elevadas y tiempos de aplicación largos, se podría producir un daño sistémico pero aun así no cabría esperar cambios mutagénicos y carcinogénicos. Sin embargo, la mayor parte de las autoridades concuerdan en la actualidad, en que el formocresol es al menos potencialmente inmunogénico y mutagénico, también, basándose en todos estos hallazgos histológicos concluyó que el formocresol no tiene propiedades curativas y que una pulpotomía clínicamente considerada un éxito permanecía crónicamente inflamada y parcialmente necrótica.

Rushman y col (1992) demostraron que la difusión del formocresol a través de la dentina y del cemento ocurre a los 15 minutos de la aplicación de este medicamento.<sup>72</sup> Dado que el formocresol es cáustico, debe tenerse cuidado que contacte con la encía.

Algunos investigadores afirman que puede ocurrir reabsorción radicular externa resultante de la inflamación crónica, presencia de coágulo sanguíneo o reacción osteoblástica provocada por el formaldehído, que aceleraría el proceso de exfoliación del dientes deciduos con daños en su sucesor permanente (hipoplasia del esmalte) como consecuencia de su alto poder de difusión.<sup>69</sup>

Sin embargo, otros estudios clínicos y radiográficos revelan, que el formocresol no afecta el proceso de exfoliación del diente deciduo y no provoca lesiones en los

sucesores permanentes morfológica y periodontalmente cuando se compara con dientes homólogos del lado opuesto.<sup>69</sup> Se ha demostrado un nivel de éxito del 99% y la ausencia de relación significativa entre el tratamiento de pulpotomía al formocresol y la alteración en el momento de exfoliación de los molares tratados. En un amplio estudio realizado en 1662 molares, se comprobó un éxito del 99.4% y ninguna influencia significativa en la edad de exfoliación de los molares tratados.

Tobón, Morawa, Fuks, García Godoy, Loos y otros, plantean que diluyendo el formocresol a la quinta parte (una parte de formocresol por cuatro partes del vehículo), puede reducirse su toxicidad cuando se aplica durante 5 minutos en pulpas vitales de dientes temporales, lo que previene el daño a las capas profundas.<sup>73</sup> Se ha encontrado que esta concentración es comparable clínica e histológicamente al formocresol de concentración completa.<sup>73</sup>

El formocresol en su total concentración es efectivo en desarrollar estasis celular y a la vez puede producir daño al tejido conectivo. Mientras que la disminución a 1:5, si bien causa efectos metabólicos similares, también produce una recuperación más temprana de las actividades enzimáticas de respiración celular en el tejido conjuntivo.<sup>69</sup>

García Godoy obtiene el 98% de éxito en 45 dientes tratados con pulpa vital, utilizando formocresol diluido, incorporó cemento de óxido de zinc-eugenol, sin previa aplicación de torundas de algodón por 5 min.<sup>69</sup> Sin embargo, en estudios realizados por Campos Russo se comprobó que si bien la aplicación del medicamento por 5 min no produjo cambios en la pulpa, sí produce una reacción inflamatoria al cubrir la misma con el óxido de zinc-eugenol al que se le ha añadido una gota de formocresol.<sup>73</sup>

Pese a que se recomienda que la torunda de algodón humedecida con formocresol 1:5 sea aplicada sobre los muñones de la pulpa durante 5 minutos, debe admitirse que

el tiempo aplicación se determinó de forma arbitraria. Existen pocos datos disponibles para verificar el tiempo óptimo de aplicación.

García-Godoy, Novakovic y Carvajal propusieron que un tiempo de aplicación más corto (1 minuto) podría ser adecuado y aún superior a los 5 minutos recomendados, sobre la base de sus limitados trabajos de pulpotomías en perros. Estos autores están de acuerdo, sin embargo, en que se requieren más estudios para verificar su propuesta.

Algunos investigadores declaran que a la aplicación subsecuente del formocresol, ocurre fijación del tercio coronal radicular de la pulpa, inflamación crónica en el tercio medio y vitalidad pulpar en el tercio apical. Otros informan que el tejido pulpar remanente está parcial o totalmente necrótico.

La Agencia Internacional para Investigación sobre Cáncer (IARC) declaró al formaldehído como cancerígeno en seres humanos en junio de 2004. Por estas razones es importante encontrar un medicamento alternativo.<sup>74</sup>

### **3.2.4. HIPOCLORITO DE SODIO**

#### **3.2.4.1. Definición**

La Asociación Americana de Endodoncista ha definido el hipoclorito de sodio como un líquido claro, pálido, amarillento, alcalino (pH 11.6), que presenta una acción disolvente, sobre el tejido necrótico y restos orgánicos, así como también es un potente agente antimicrobiano.<sup>76</sup>

Es un compuesto químico resultante de la mezcla de cloro, hidróxido de sodio y agua. Fue desarrollado por el francés Berthollet en 1787 para blanquear telas. Luego, a finales del siglo XIX, Luis Pasteur comprobó sus poderes de desinfección, extendiendo su uso a la defensa de la salud contra gérmenes y bacterias. Su amplia utilización en endodoncia es debida a su capacidad para disolver tejidos y a su acción antibacteriana.

#### **3.2.4.2. Propiedades**

Se le han atribuido propiedades beneficiosas durante la terapia endodóntica convencional.

- Desbridamiento: La irrigación con NaOCl expulsa los detritos generados por la preparación biomecánica de los conductos.
- Lubricación: Humedece las paredes del conducto radicular favoreciendo la acción de las limas para realizar la instrumentación.
- Por ser un agente antimicrobiano eficaz, destruye y elimina microorganismos de los conductos radiculares.<sup>76</sup>
- Disolución de tejidos: es un disolvente muy eficaz del tejido pulpar de 20 minutos a 2 horas, su eficacia de disolución depende de la integridad estructural de los componentes del tejido conjuntivo de la pulpa. Si la pulpa está descompuesta, los restos de tejidos se disuelven rápidamente, si la pulpa

está vital y hay poca degradación estructural, el hipoclorito de sodio necesita más tiempo para disolver los restos.

El hipoclorito de sodio reacciona con residuos orgánicos en el conducto radicular y de esta forma facilita la limpieza.

- Baja tensión superficial: Permite penetrar a todas las concavidades del conducto radicular, creando condiciones para mayor eficiencia del medicamento aplicado de forma tópica. La capacidad de penetración está relacionado con su concentración, cuando se encuentre a 1% puede penetrar 100 micras a canalículos dentinarios, al 5.25% penetra 250 micras.<sup>78</sup>



#### **3.2.4.3. Mecanismo de acción**

Las acciones del hipoclorito de sodio operan mediante tres mecanismos <sup>79</sup>

- Saponificación: Actúa como solvente orgánico que degrada los ácidos grasos hacia sales ácidas grasosas (jabón) y glicerol (alcohol), reduce la tensión superficial de la solución remanente.
- Neutralización: Neutraliza aminoácidos formando agua y sal.
- Cloraminación: La reacción entre el cloro y el grupo amino forma cloraminas que interfieren en el metabolismo celular. El cloro posee una acción antimicrobiana inhibiendo enzimas esenciales de las bacterias por medio de oxidación.

#### 3.2.4.4. Factores que afectan sus propiedades

- Efectos de la temperatura: A mayor temperatura (35.5°C) tiene efecto positivo sobre la acción disolvente en tejidos necróticos. Gambarini y Gunninghan N<sup>80</sup><sup>81</sup> demostraron que el NaOCl al 5.2% y 2.6% eran igualmente eficaces a una temperatura de 37°C sin embargo a una temperatura ambiente (21°C) la solución al 2.6% resultaba menos eficaz. A mayor temperatura aumenta su capacidad antimicrobiana y de disolución de tejidos comprobando que una solución de 1% a 45°C es tan efectiva como la solución de 5.2% a 20°C.
- Dilución: Algunos diluyen el hipoclorito para reducir el olor o reducir el potencial de toxicidad. El hipoclorito es más eficaz en la disolución de tejido desvitalizado y fijado al utilizar en concentraciones de 5.25% que a 2.6%, 1 y 0.5%.<sup>82</sup>
- Grado de pureza: De acuerdo a su grado de pureza química se clasifica de acuerdo a su porcentaje diferencial; de 1 a 96% menos puro y más puro de 96 - 100%, por lo que el Clorox casero no se recomienda usar durante el tratamiento de conductos ya que tienen una pureza de 40 - 50%, a partir de 60% de pureza son de uso industrial y se pueden recomendar para la terapia endodóntica.<sup>78</sup>
- Combinación con otras sustancias: La frecuencia de irrigantes y el volumen son factores importantes en la remoción de los restos; la frecuencia debe aumentar a medida que la preparación se acerca a la constricción apical, un volumen apropiado es de por lo menos 5mL cada vez que el conducto se irriga. La efectividad de la irrigación en la porción apical está relacionada en la profundidad de inserción de la aguja, por lo que se debe seleccionar la aguja de acuerdo al tamaño del conducto radicular.<sup>83</sup>
- Tiempo de conservación: Un estudio revela que la solución pierde un 4.6% de cloro cuando se almacena a temperatura ambiente durante 60 días y conforme aumenta el tiempo de almacenamiento se sigue perdiendo.<sup>84</sup>

### **3.2.4.5. Uso del hipoclorito de sodio en pulpotomias.**

En 2002, Hafez AA y col, evaluaron la capacidad biológica del hipoclorito de sodio (NaOCl) para controlar la hemorragia a través de la amputación química del coágulo para facilitar la formación de puente dentinario en pulpotomías, los resultados indican que se observaron reorganización de tejidos blandos y formación de puentes dentinarios en el 86% de pulpas tratadas con NaOCl, donde se concluye que el NaOCl es un buen agente pulpar para el control de la hemorragia.<sup>15</sup>

En 2006, Vargas y col, presentaron resultados preliminares del uso del NaOCl al 5% en pulpotomias de molares primarios en comparación con el sulfato férrico obteniendo un éxito clínico a los 12 meses del 100% y un éxito radiográfico del 79% donde se concluyó que el NaOCl puede ser utilizado como medicación para el tratamiento de pulpotomía.<sup>9</sup> Haghgoo R y Abbasi F 2012, evaluaron histológicamente cambios pulpares en 22 caninos deciduos después de realizar pulpotomías con hipoclorito de sodio (NaOCl) y formocresol (FC). Los resultados indican el grupo de FC obtuvo mayor grado de inflamación, tuvo 5 casos de necrosis y ninguna formación de puente dentinario, en cambio el grupo de NaOCl obtuvo menor grado de inflamación, ningún caso de necrosis y presencia de puente dentinario en 3 muestras. Se concluye que el hipoclorito de sodio puede ser sugerido como un agente de pulpotomía en dientes deciduos pero se recomienda un estudio con una mayor cantidad de muestra.<sup>7</sup>

Al-Mutairi MA y col 2013 compararon la tasa de éxito clínico y radiográfico del hipoclorito de sodio (NaOCl) 5% y formocresol (FC) 20% en pulpotomías en molares deciduas cariadas (82 dientes), donde se concluye que la tasa de éxito del NaOCl son comparables a los de FC en pulpotomías.<sup>11</sup> El hipoclorito de sodio puede ser sugerido como un agente de pulpotomía en dientes primarios. Se recomienda estudios más amplios que se realice con mayores muestras histopatológicas. Por otra parte, se deben evaluar las tasas de éxito clínico y radiográfico de dientes primarios pulpotomizados y ser comparados con el medicamento más utilizado, el formocresol.

### **3.2.5. ORYCTOLAGUS CUNICULUS**

#### **3.2.5.1. Definición**

Animal mamífero primitivo, conocido desde la prehistoria, de carácter dócil y prolífico, que incorporado a la ganadería, presenta un gran interés para el hombre por la calidad de sus producciones. <sup>86</sup>

Actualmente en el mundo hay entre 70 razas, diferenciándolos por sus variedades de talla y color. En la escala zoológica, el *Oryctolagus cuniculus* (conejo) ocupa el siguiente lugar:

- Reino: Animal
- Sub reino: Metazoos (pluricelulares)
- Tipo: Cordados
- Sub tipo: Vertebrados
- Clase: Mamíferos
- Sub clase: Placentarios
- Orden: Lagomorfos (cuatro incisivos superiores y dos inferiores)
- Familia: Leporidae (labio superior leporino)
- Sub familia: Leporinae
- Género: *Oryctolagus*
- Especie: *Cuniculus*

El tiempo de vida de un conejo es de 5 a 7 años, mantienen reposo 16 horas diarias (postura simétrica, inmovilidad, orejas semirígidas y ojos abiertos).

#### **3.2.5.2. Características del conejo común (*Oryctolagus Cuniculus*)**

- Presenta gran desarrollo de los pabellones auriculares
- Cecotrofia
- Gestación dura entre 30 y 32 días, lactancia materna dura aproximadamente 40 días.

- Forman clanes familiares en donde existe una jerarquía y orden social establecido.
- Requieren un hábitat estable y tranquilo, de clima templado, para que exista un equilibrio entre el sistema nervioso y neurovegetativo y lograr una buena producción.
- Dóciles, tímidos, no son agresivos hacia los seres humanos.<sup>86</sup>

### **3.2.5.3. Dentición**

Los conejos nacen con dentición decidua completa, que son completamente reemplazados por la dentición permanente a los 20 días de su nacimiento. Desde ese día ya pueden empezar a comer alimentos consistentes. Todos los dientes presentan una raíz, donde la sustancia primordial es la dentina, que está recubierta por el cemento, y más internamente por la pulpa.<sup>87</sup>

La fórmula dentaria de los conejos es: I: 2/1 C: 0/0 P: 3/2 M: 3/3

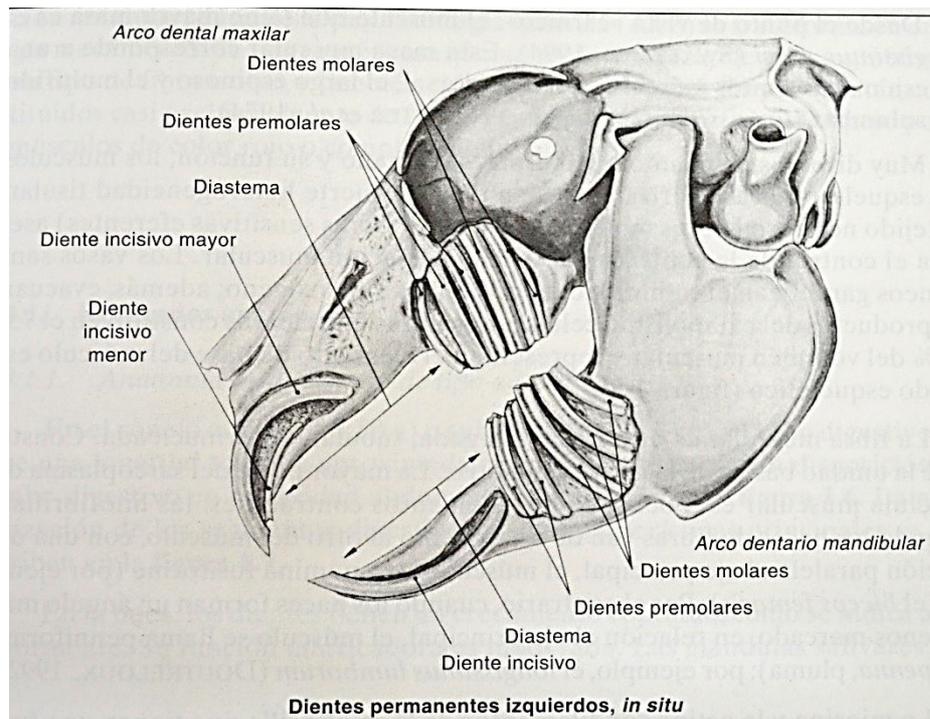
Quiere decir, en cada hemiarcada del maxilar presentan dos incisivos, ningún canino, tres premolares y tres molares y en cada hemiarcada mandibular presenta un incisivo, no presentan canino, dos premolares y tres molares, estos no realizan movimientos de lateralidad, solo de apertura y cierre. A medida que avanzan en edad los dientes se van arqueando y obtienen un color amarillento o parduzco.<sup>87</sup>

Entre los incisivos y los premolares mantienen un reborde amplio donde se administra por vía oral las medicinas.

Los incisivos son considerados dientes elodontes e hipsodontes arradiculares.<sup>88</sup>

- Elodonte: De crecimiento y erupción continuo
- Arradicular: Diente con raíz abierta
- Hipsodonte: de corona anatómica larga en comparación con la raíz

El sobrecrecimiento de los dientes de mejilla en conejos implica un alargamiento excesivo de la altura de la corona, debido a la atrición fisiológica que contrarrestan el crecimiento continuo, esto indica que el equilibrio de la oclusión en conejos es necesario ya que en ausencia de uno o que presente maloclusión, el antagonista erupciona indefinidamente y producen lesiones en la mucosa bucal.<sup>88</sup>



#### 3.2.5.4. Alimentación

Los alimentos balanceados, aparte de su buena consistencia y facilidad de manejo, contienen el requerimiento nutricional para todas las etapas en la crianza de los conejos, ya que están complementados con suplementos vitamínicos, minerales y aditivos medicamentosos.

Para un conejo de 2Kg +/- 500g se requiere 228 calorías por día, se les puede alimentar de zanahoria (560g x día), heno de alfalfa (141g x día), hierba recién cortada (424g x día), cereales (85g x día) independientemente. Las necesidades de agua del conejo son relativamente altas, para este tamaño las necesidades podrían estar entre 400 y 600 cm<sup>3</sup> de agua por día.<sup>89</sup>

### **3.2.5.5. Mantenición**

Las jaulas que albergaran a los conejos deben ser suficientemente grandes para que se muevan con libertad, así mismo higiénicas y que permita limpiarse fácilmente.

La autoventilación de la jaula es esencial para la mantención, la humedad ideal debe ser inferior al 75%. A lo largo de 24 horas, un conejo produce y desprende gran cantidad de calor y de vapor de agua por su misma respiración.

Estas deben tener recipientes y comederos de barro vitrificado para que no sean lanzados por los conejos. Los comederos y los bebederos no deben tener más de 7.6 cm de profundidad. Las jaulas de transporte deben ser ligeras, fuertes y de un tamaño adecuado para el confort del conejo, con ventilación, y su cierre debe ser seguro y fácil de abrir.<sup>90</sup>

En caso de las jaulas al aire libre, se colocan sobre el terreno sin ningún tipo de cubierta que las proteja, su diseño debe ofrecer el abrigo que requiere el conejo, estas deben ponerse en alto, de modo que la humedad no llegue a los conejos, el techo debe sobresalir 15 cm alrededor de la jaula y debe tener inclinación hacia la parte posterior. Las jaulas se construyen de madera y malla de alambre.

### **3.2.5.6. Dosificación de drogas y eutanasia**

La raza de conejo más común es la Nueva Zelanda, esta tiene un peso aproximado de 2 a 4 kg, y es utilizado para ensayos clínicos experimentales, teniendo en cuenta el valor sentimental que poseen los animales empleados como mascotas y el interés de cualquier investigación en este campo, debería intentarse siempre un tratamiento adecuado, por muy desfavorable que fuera el pronóstico inicial. Se tiene en cuenta también que existe una amplia gama de factores que influyen la efectividad de cada fármaco; especie, raza, sexo, edad, régimen alimenticio, estado sanitario, fase del ciclo biológico, estado reproductivo, tipo metabólico y nivel nutricional así como la

clase de jaula, temperatura ambiental, etc. Las respuestas individuales varían ampliamente.

El peso corporal del conejo adulto para poder realizarse los ensayos está en el rango de 2 - 7 Kg, la administración vía oral se da por alimento o tubo flexible, vía subcutánea por el flanco y nuca, vía intramuscular por el muslo y músculos lumbares y vía intravenosa mediante la vena marginal de la oreja y cefálica.<sup>91</sup>

Las necesidades aproximadas de alimento (gramos) por cada 100 g de peso vivo es de 5g y de agua (ml) por cada 100 g de peso vivo es de 10ml.

### **Anestésicos y anestesia**

La neuroleptanalgesia es un estado de depresión del sistema nervioso central, acompañado de analgesia. En los pequeños roedores y en los lagomorfos, los síntomas que evidencian el haber alcanzado la anestesia general se basan en la pérdida de los reflejos, alcanzar un ritmo respiratorio estable y la relajación de la musculatura abdominal. El conejo, tiene un ritmo respiratorio de 35-60 inspiraciones/minuto. Se presentan los siguientes anestésicos inyectables.

#### **- Hidrocloruro de Ketamina**

Anestésico utilizado para facilitar el manejo de los animales de laboratorio, así como para intervenciones quirúrgicas menores. Ejerce un efecto eminentemente tranquilizante, con escasa relajación muscular manteniendo su actividad motora, así mismo un cierto grado de estimulación cardiovascular y una ligera depresión respiratoria. Los efectos se manifiestan entre los 5 - 12 minutos y su duración se prolongan a lo largo de 15 - 30 minutos.<sup>92</sup>

Dosis: 40 - 60 mg/kg Vía IM

#### -Pentobarbital sódico

Barbitúrico inyectable empleado con fines anestésicos en animales de laboratorio. Para ser efectivo debe inyectarse lentamente vía intravenosa recomendando su dilución al 6% en suero fisiológico, de tiempo de inducción entre 5 a 15 minutos y la duración de su efecto está entre 30 y 45 minutos, en todos los casos la recuperación es sumamente lenta.<sup>92</sup>

Dosis: 25 - 50 mg/kg Vía IV

#### **Eutanasia**

El sacrificio deliberado del animal, sigue una técnica indolora, rápida, que permita un tránsito tranquilo desde la plena conciencia a la muerte. El método empleado fue el de aplicar éter dietílico dentro de una cámara.<sup>92</sup>

### **3.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS**

- Pulpotomía.- Amputación de la porción coronal afectada o infectada de la pulpa dental, con el fin de preservar la vitalidad y la función de la pulpa, mediante la aplicación de un medicamento biocompatible.<sup>36</sup>
- Formocresol.- Medicamento antiséptico compuesto de formaldehído, cresol, glicerina y agua, utilizado ampliamente en tratamiento de pulpotomía.<sup>67</sup>
- Hipoclorito de sodio.- Compuesto químico resultante de la mezcla de cloro, hidróxido de sodio y agua, utilizado como irrigante en preparaciones de conductos de dientes permanentes por su capacidad para disolver tejidos y acción antibacteriana.<sup>76</sup>
- Respuesta histológica pulpar.- Respuesta celular de la pulpa dental por medio de células de la inflamación y tejido de granulación, frente a una agente físico, químico, caries dental o traumatismo.

### **3.4. HIPÓTESIS**

#### **a) Hipótesis general**

La respuesta histológica a nivel de la pulpa dental con hipoclorito de sodio al 5% es mejor que con formocresol 1:5.

#### **b) Hipótesis específica**

- Existe mayor respuesta de células inflamatorias con formocresol 1:5 que con hipoclorito de sodio al 5%, a los 7 días, 14 días y 30 días. en incisivos pulpotomizados.
- Existe mayor presencia de áreas de necrosis con formocresol 1:5 que con hipoclorito de sodio al 5%, a los 7 días, 14 días y 30 días, en incisivos pulpotomizados.
- Existe menor presencia de tejido de granulación con formocresol 1:5 que con hipoclorito de sodio al 5%, a los 7 días, 14 días y 30 días, en incisivos pulpotomizados

### 3.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variable	Conceptualización	Dimensión	Indicador	Escala	Categoría
<b>Medicación pulpar</b> (Independiente)	Solución aplicada sobre la pulpa coronal expuesta. Utilizado en terapias pulpaes (pulpotomía).	-----	Composición química del rotulado.	Nominal	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Formocresol</li> <li>- Hipoclorito de sodio</li> </ul>
<b>Respuesta histológica de la pulpa dental</b> (Dependiente)	Respuesta celular de la pulpa dental por medio de células de inflamación, tejido de granulación frente a una agente físico, químico, caries dental o traumatismo.	Respuesta de células inflamatorias	Presencia de infiltrado leucocitario, congestión vascular y edema, localizados en la pulpa dental.	Ordinal	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grado 0: Muy leve. (En el sitio de reacción)</li> <li>- Grado 1: Leve. (En el sitio de reacción)</li> <li>- Grado 2: Moderado. (Sobrepasa el sitio de reacción hasta la pulpa coronal)</li> <li>- Grado 3: Severo. (Sobrepasa la pulpa coronal hasta la pulpa radicular)</li> </ul>
		Presencia de áreas de necrosis.	Sitios de necrosis localizados en la pulpa dental.	Ordinal	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grado 0: Sin presencia.</li> <li>- Grado 1: Leve. (En el sitio de reacción)</li> <li>- Grado 2: Moderado. (Sobrepasa el sitio de reacción hasta la pulpa coronal)</li> <li>- Grado 3: Severo. (Sobrepasa la pulpa coronal hasta la pulpa radicular)</li> </ul>

		Presencia de tejido de granulación	Presencia de formación de colágeno, fibrosis y neovasos localizados en la pulpa dental.	Ordinal	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grado 0: Sin presencia.</li> <li>- Grado 1: Leve. (En el sitio de reacción)</li> <li>- Grado 2: Moderado. (Sobrepasa el sitio de reacción hasta la pulpa coronal)</li> <li>- Grado 3: Severo. (Sobrepasa la pulpa coronal hasta la pulpa radicular)</li> </ul>
<b>Tiempo</b> (Interviniente)	Periodo donde se evaluará la respuesta histológica.	-----	Días	Nominal	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 7 días</li> <li>- 14 días</li> <li>- 30 días.</li> </ul>

## **IV. METODOLOGÍA**

### **4.1. TIPO DE ESTUDIO**

Estudio experimental, transversal, de inferencia longitudinal, in vivo

### **4.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.**

- Participaron en el estudio 13 *Oryctolagus Cuniculus*, raza Nueva Zelanda de 2 kg +/- 500 g aproximadamente. Para la selección de la muestra se utilizará un muestreo no probabilístico por conveniencia.
- La muestra consistió en 52 dientes incisivos: 4 incisivos control, 24 incisivos del lado derecho (GF: grupo Formocresol) y 24 incisivos del lado izquierdo (GH: grupo Hipoclorito de sodio).
- Ambos grupos fueron tratados siguiendo la técnica clásica de pulpotomía.

#### **Criterios de inclusión**

- Conejos de raza Nueva Zelanda, machos, con un mínimo de 2 meses de edad, de 2 kg +/- 500 g de peso y presencia de dentición sana.
- Conejos que presenten un buen estado de salud general.
- Adecuada hemostasia en los orificios de entrada de la pulpa radicular al momento de inducir la apertura cameral.

#### **Criterios de exclusión**

- Conejos menores a 2 meses de edad o muy longevos.
- Conejos que no estén en el rango de peso requerido.
- Conejos con presencia de enfermedad sistémica.
- Fractura dentaria al momento de la extracción dental.

### **4.3. PROCEDIMIENTOS Y TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

#### **4.3.1. Metodología experimental**

Los conejos fueron adquiridos en una granja ubicada en el distrito de Chancay, provincia de Huaral. *Oryctolagus Cuniculus* de la misma raza (Nueva Zelanda), superando los 2 meses de edad. Se tuvo en consideración, factores en cuanto a crianza y alimentación, la cual fue a base de conejina, adquirida de la Facultad de Zootecnia de la Universidad Agraria La Molina, provincia de Lima.

La muestra se dividió en tres grupos:

- Grupo Control: GC (n=4) conformado por dos piezas dentarias intactas, y dos piezas evaluadas 1 hora después de la aplicación de la medicación pulpar. GF (n=1), GH (n=1)
- Grupo Formocresol: GF (n=24), incisivos del lado derecho.
- Grupo Hipoclorito de sodio: GH (n=24), incisivos del lado izquierdo.

De cada grupo (Formocresol e hipoclorito de sodio) se subdividió en tres grupos, cada uno con 16 piezas dentarias. Estos se distribuyeron de la siguiente manera:

- Grupo 1.- Evaluación a los 7 días [GF(n=8), GH(n=8)]
- Grupo 2.- Evaluación a los 14 días [GF(n=8), GH(n=8)]
- Grupo 3.- Evaluación a los 30 días [GF(n=8), GH(n=8)]

#### **Metodología por cada subgrupo**

- Colocación de campos y preparación de la mesa operatoria en el laboratorio de pregrado de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Anestesia general, administrando una dosis de Pentobarbital sódico 1mL/2.5kg vía endovenosa (zona de la oreja), anestesia infiltrativa con lidocaína al 2% (dosis máxima ¼ de cartucho de 2mL), se espera que el conejo no presente estímulos al dolor; el acto operatorio se realizó en una mesa plana, en posición

decúbito lateral del animal y con un escupidero localizado debajo de la mesa para evitar asfixia del mismo durante el acto operatorio.

- Apertura cameral, hasta exponer la pulpa coronaria (cara vestibular). Para la preparación cavitaria se utilizó una pieza de mano (NSK®) a 30000 rpm con una fresa de fisura diamantada grano grueso y adecuada refrigeración, hasta observar los orificios de los conductos.
- En el grupo Formocresol (GF), se administró en la cámara pulpar una bolita de algodón humedecida y exprimida con formocresol durante 3 minutos, luego se retiró y se procedió a una limpieza suave con algodón estéril.
- Para el grupo Hipoclorito de sodio (GH), se administró una bolita de algodón humedecida y exprimida con hipoclorito de sodio (NaOCl) al 5% durante 3 minutos.
- Se aplicó una base de policarboxilato de zinc (Bonden - Dentsply®) en todas las piezas tratadas.
- Posteriormente se administró diclofenaco sódico (75mg) vía intramuscular, para evitar dolor post-operatorio.
- De acuerdo a la fecha establecida en cada sub grupo, los conejos se anestesiaron nuevamente con Pentobarbital sódico; durante el efecto se procede a la extracción de las piezas tratadas mediante incisión, decolado a espesor total, osteotomía en tabla vestibular y uso de fórceps pico de milano pequeño para realizar la exodoncia.
- Las piezas extraídas se mantuvieron conservadas en tubos de ensayo con formol diluido al 10% para mantener piezas anatómicas, y posteriormente será llevado a laboratorio y se procederán a los cortes histológicos longitudinales.
- Finalmente se procedió a la eutanasia de los animales mediante el uso de éter dietílico dentro de una cámara.

- Para la lectura con el microscopio óptico se observó a 4x, 10x y 40x a lo largo de la pulpa dental, y se procedió al llenado de la ficha de recolección de datos. Los parámetros a evaluar son los siguientes:

<b>CRITERIOS DE EVALUACIÓN HISTOLÓGICA (PARA 7, 14 Y 30 DÍAS)</b>
<p><b>Respuesta de células inflamatorias</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Muy leve: Edema, congestión vascular, ausencia de células inflamatorias en el sitio de reacción.</li> <li>- Leve: Edema, congestión vascular, focos hemorrágicos, infiltrado agudo (leucocitos polimorfonucleares) o infiltrado crónico, en el sitio de reacción.</li> <li>- Moderado: Edema, congestión vascular, infiltrado agudo (leucocitos polimorfonucleares) o infiltrado crónico, sobrepasando el sitio de reacción hasta la pulpa coronal.</li> <li>- Severo: Edema, congestión vascular, infiltrado agudo (leucocitos polimorfonucleares) o infiltrado crónico, sobrepasando la pulpa coronal hasta la pulpa radicular.</li> </ul>
<p><b>Presencia de áreas de necrosis</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ausencia: Ausencia de áreas de necrosis en el sitio de reacción.</li> <li>- Leve: Presencia de áreas de necrosis en el sitio de reacción.</li> <li>- Moderado: Presencia de áreas de necrosis sobrepasando el sitio de reacción hasta la pulpa coronal.</li> <li>- Severo: Presencia de áreas de necrosis sobrepasando la pulpa coronal hasta la pulpa radicular.</li> </ul>
<p><b>Presencia de tejido de granulación</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ausencia: Ausencia de formación de colágeno, neovasos y fibrosis, en el sitio de reacción.</li> <li>- Leve: Presencia de formación de colágeno, fibrosis, formación de neovasos. en el sitio de reacción.</li> <li>- Moderado: Presencia de formación de colágeno, neovasos y fibrosis, sobrepasando el sitio de reacción hasta la pulpa coronal.</li> <li>- Severo: Presencia de formación de colágeno, neovasos y fibrosis en el sitio de reacción, sobrepasando la pulpa coronal hasta la pulpa radicular.</li> </ul>

#### **4.3.2. Técnica e instrumentos**

- a) Formocresol 1:5
- b) Hipoclorito de sodio al 5%
- c) Pentobarbital sódico (Halatal)
- d) Formol diluido al 10%
- e) Instrumentales quirúrgicos
- f) Materiales dentales
- g) Pieza de alta
- h) Tubos de ensayo (Vacutainer)
- i) Policarboxilato de Zinc
- j) Ampollas de diclofenaco
- k) Ficha de recolección de datos
- l) Microscopio óptico
- m) Cámara fotográfica
- n) Laptop

#### **4.3.3. Ficha de recolección de datos**

La ficha clínica está compuesta por (Ver Anexo 2):

- a) Título
- b) Datos, cada pieza dentaria tiene asignado un número, y en ella el grupo (GH o GF) y subgrupo correspondiente (cantidad de tiempo evaluado).
- c) Grupo Formocresol e Hipoclorito de sodio: Con el microscopio se observó los cortes histológicos de cada pieza y se marcó la respuesta de células inflamatorias, presencia de áreas de necrosis y presencia de tejido de granulación.
- d) Leyenda: Está descrito el significado de las abreviaturas.

#### **4.3.4. Aspectos éticos**

El tratamiento de pulpotomía en *Oryctolagus Cuniculus* se realizó adoptando todas las medidas que rige la norma para el procedimiento experimental con animales tomado la “Ley peruana de protección a los animales domésticos y a los animales silvestres”, publicado el 19 de mayo del año 2000.<sup>6</sup>

#### **4.4. PROCESAMIENTO DE LOS DATOS**

Los datos de la ficha de recolección fueron transferidos al programa SPSS versión 21.0 para Windows, se realizaron tablas y gráficos para comparar los cambios histológicos entre el grupo Formocresol e Hipoclorito de sodio, con respecto al nivel de respuesta de células inflamatorias, áreas de necrosis y tejido granulación.

#### **4.5. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

Para el análisis y la interpretación de los datos, la variable del nivel de respuesta histológica de la pulpa dental se calificó en escala ordinal y se comparó ambos grupos a los 7 días, 14 días y 30 días de manera independiente, mediante la prueba estadística de U Mann-Whitney. Se considera un nivel de significancia de  $\alpha < 0.05$ .

## V. RESULTADOS

El procedimiento quirúrgico fue bien tolerado por los animales de experimentación, continuaron con su alimentación sin inconvenientes y no presentaron efectos adversos aparentes durante el periodo de observación de 7 - 30 días.

De los 48 dientes pulpotomizados que pertenecen al grupo experimental, algunos dientes fueron excluidos del estudio debido a la pérdida de la pulpa al momento de la extracción o fallo durante las secciones histológicas. Después de excluirlos, otros dientes se descartaron al azar con el fin de tener ambos grupos con el mismo número de muestras, totalizando por tanto, diez exclusiones y un tamaño de muestra experimental final de 38 dientes distribuidos en los tres grupos.

- Grupo 1.- Evaluación a los 7 días [GF(n=5), GH(n=5)]
- Grupo 2.- Evaluación a los 14 días [GF(n=7), GH(n=7)]
- Grupo 3.- Evaluación a los 30 días [GF(n=7), GH(n=7)]

## Respuesta de células inflamatorias

**Cuadro N°1. Respuesta histológica de células inflamatorias según la medicación pulpar a los 7 días.**

Grado de respuesta de células inflamatorias	Medicación pulpar				Total	
	Formocresol		Hipoclorito de sodio			
	N	%	N	%	N	%
Muy leve	1	20.0%	2	40.0%	3	30.0%
Leve	1	20.0%	2	40.0%	3	30.0%
Moderado	2	40.0%	0	0.0%	2	20.0%
Severo	1	20.0%	1	20.0%	2	20.0%
Total	5	100.0%	5	100.0%	10	100.0%

El Hipoclorito de sodio exhibió un grado más leve de células inflamatorias comparado con Formocresol, caracterizados en su mayoría por la presencia de vasodilatación, edema, en algunas láminas se encontró focos hemorrágicos e inflamación aguda por infiltrado leucocitario polimorfonucleares (neutrófilos). Ambos casos presentaron una respuesta severa, presentando un infiltrado leucocitaro extendiéndose hasta la pulpa radicular. Cuando se compararon las respuestas inflamatorias de los grupos, no se encontraron diferencias significativas a los 7 días ( $p= 0,389$ ).

**Cuadro N°2. Respuesta histológica de células inflamatorias según la medicación pulpar a los 14 días.**

Grado de respuesta de células inflamatorias	Medicación pulpar				Total	
	Formocresol		Hipoclorito de sodio			
	N	%	N	%	N	%
Muy leve	2	28.6%	5	71.4%	7	50.0%
Leve	3	42.9%	2	28.6%	5	35.7%
Moderado	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
Severo	2	28.6%	0	0.0%	2	14.3%
Total	7	100.0%	7	100.0%	14	100.0%

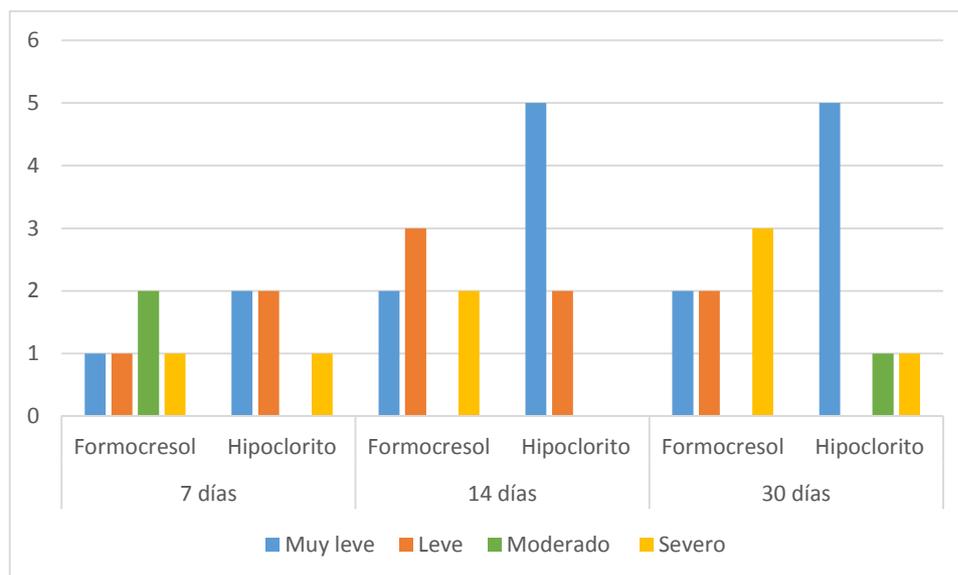
El Hipoclorito de sodio exhibió un grado más leve de células inflamatorias comparado con Formocresol, este último presentó dos piezas dentarias con respuesta inflamatoria severa, en este grupo se presencié inflamación aguda en algunas láminas e inflamación crónica en otras. Cuando se compararon las respuestas inflamatorias de los grupos, no se encontraron diferencias significativas a los 14 días ( $p= 0,08$ ).

**Cuadro N°3. Respuesta histológica de células inflamatorias según la medicación pulpar a los 30 días.**

Grado de respuesta de células inflamatorias	Medicación pulpar				Total	
	Formocresol		Hipoclorito de sodio			
	N	%	N	%	N	%
Muy leve	2	28.6%	5	71.4%	7	50.0%
Leve	2	28.6%	0	0%	2	14.3%
Moderado	0	0.0%	1	14.3%	1	7.1%
Severo	3	42.9%	1	14.3%	4	28.6%
Total	7	100.0%	7	100.0%	14	100.0%

El Hipoclorito de sodio exhibió un grado más leve de células inflamatorias comparado con Formocresol, este último presentó tres piezas dentarias con respuesta inflamatoria severa, en ambos grupos se presenciaron inflamación crónica, caracterizado por macrófagos, linfocitos y células plasmáticas. Al comparar las respuestas inflamatorias de los grupos, no se encontraron diferencias significativas a los 30 días ( $p= 0,17$ ).

**Gráfico N°1. Cambios de la respuesta histológica según el grado de células inflamatorias**



En general, en ambos grupos se presencié indirectamente la liberación de mediadores proinflamatorios como la histamina, ocasionando una marcada congestión y vasodilatación vascular, como respuesta normal a factores físicos (apertura cameral) y químicos (medicación pulpar), así mismo se observó la presencia de células de inflamación aguda y crónica. El Hipoclorito de sodio obtuvo un menor grado de células inflamatorias en los tres periodos de evaluación, disminuyendo con el paso del tiempo.

## Presencia de áreas de necrosis

**Cuadro N°4. Presencia de áreas de necrosis según la medicación pulpar a los 7 días.**

Áreas de necrosis	Medicación pulpar				Total	
	Formocresol		Hipoclorito de sodio			
	N	%	N	%	N	%
Ausente	1	20.0%	2	40.0%	3	30.0%
Leve	4	80.0%	3	60.0%	7	70.0%
Moderado	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
Severo	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
Total	5	100.0%	5	100.0%	10	100.0%

Todas las piezas conservaron su vitalidad pulpar, en el sitio de reacción, el formocresol ocasionó áreas de necrosis en 4 piezas dentarias, mientras que el Hipoclorito de sodio en 3 piezas, evidenciando que su acción disolvente en este caso es superficial, pero también al igual que el formocresol origina sitios de necrosis. Al comparar la presencia de necrosis en ambos grupos, no se encontraron diferencias significativas a los 7 días ( $p= 0,51$ ).

**Cuadro N°5. Presencia de áreas de necrosis según la medicación pulpar  
a los 14 días.**

Áreas de necrosis	Medicación pulpar				Total	
	Formocresol		Hipoclorito de sodio			
	N	%	N	%	N	%
Ausente	5	71.4%	5	71.4%	10	71.4%
Leve	2	28.6%	2	28.6%	4	28.6%
Moderado	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
Severo	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
Total	7	100.0%	7	100.0%	14	100.0%

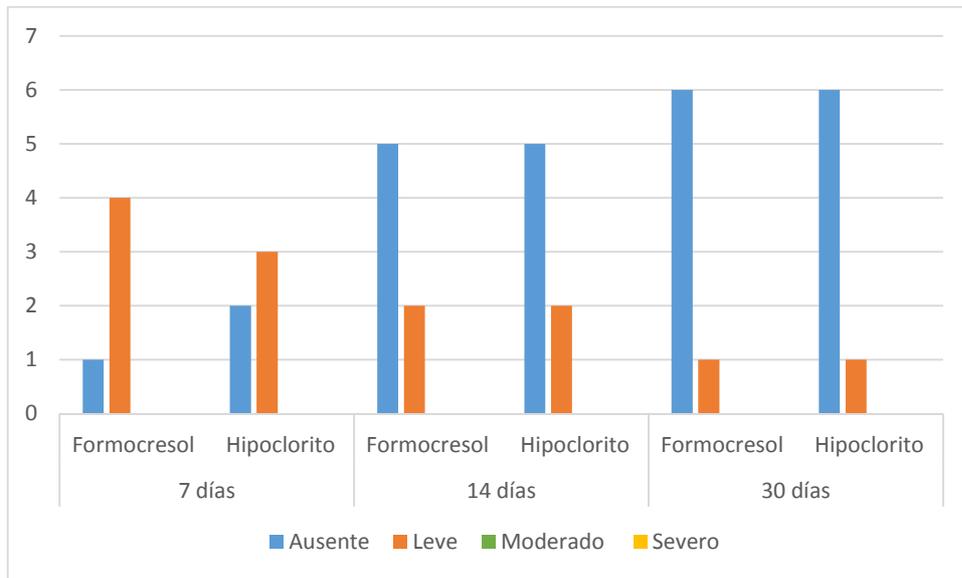
En el sitio de reacción, se observaron 2 piezas dentales con áreas de necrosis para ambos grupos. Al comparar la presencia de necrosis en ambos grupos, no presentó diferencias a los 14 días ( $p= 1,00$ ).

**Cuadro N°6. Presencia de áreas de necrosis según la medicación pulpar  
a los 30 días.**

Áreas de necrosis	Medicación pulpar				Total	
	Formocresol		Hipoclorito de sodio			
	N	%	N	%	N	%
Ausente	6	85.7%	6	85.7%	12	85.7%
Leve	1	14.3%	1	14.3%	2	14.3%
Moderado	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
Severo	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
Total	7	100.0%	7	100.0%	14	100.0%

En el sitio de reacción, se observó 1 pieza dental con áreas de necrosis para ambos grupos. Al comparar la presencia de necrosis en ambos grupos, no presentó diferencias a los 30 días ( $p= 1,00$ ).

**Gráfico N°2. Cambios en la presencia de áreas de necrosis**



En el transcurso del periodo de evaluación, todas las piezas mantuvieron su vitalidad pulpar, concordando con uno de los objetivos principales de la pulpotomía. Ambos grupos originaron necrosis por coagulación en el sitio de reacción, más no proliferaron a la pulpa apical. Con el paso del tiempo la presencia de necrosis fue disminuyendo sin diferencias entre ambos grupos.

## Presencia de tejido de granulación

**Cuadro N°7. Presencia de tejido de granulación según la medicación pulpar a los 7 días.**

Grado de tejido de granulación	Medicación pulpar				Total	
	Formocresol		Hipoclorito de sodio			
	N	%	N	%	N	%
Ausente	5	100.0%	5	100.0%	10	100.0%
Leve	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
Moderado	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
Severo	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
Total	5	100.0%	5	100.0%	10	100.0%

En ningún grupo se presenció formación de tejido de granulación, debido que a los 7 días, las causas de la agresión no han desaparecido por la propia respuesta inflamatoria. No hubo diferencias a los 7 días. ( $p=1,00$ )

**Cuadro N°8. Presencia de tejido de granulación según la medicación pulpar a los 14 días.**

Grado de tejido de granulación	Medicación pulpar				Total	
	Formocresol		Hipoclorito de sodio			
	N	%	N	%	N	%
Ausente	1	14.3%	0	0.0%	1	7.1%
Leve	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
Moderado	3	42.9%	2	28.6%	5	35.7%
Severo	3	42.9%	5	71.4%	8	57.1%
Total	7	100.0%	7	100.0%	14	100.0%

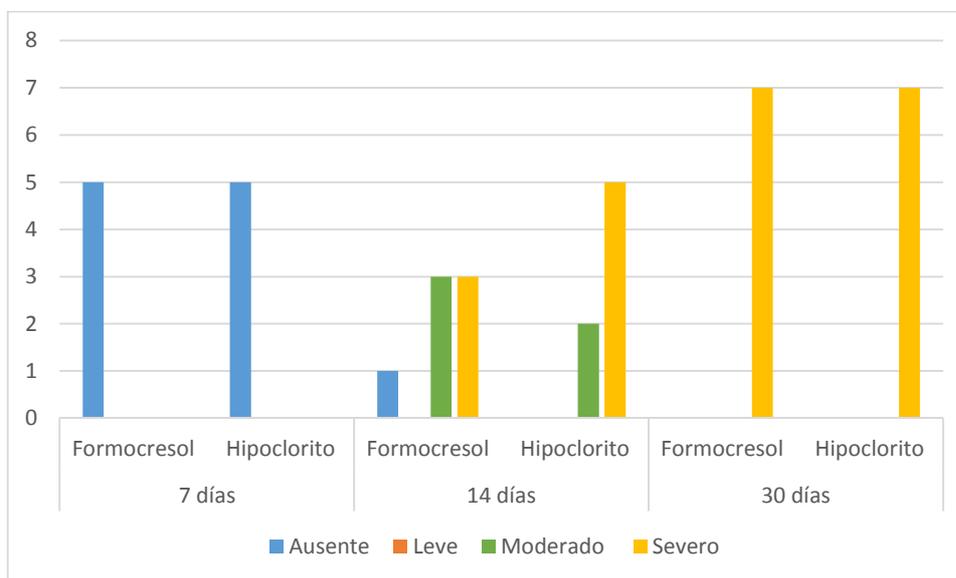
A los 14 días, se observó que en casi todas las piezas ocurre la reparación tisular gracias a los tejidos de granulación (formación de neovasos, fibrosis, formación de colágeno). El hipoclorito presenta una mayor cantidad de dientes con respuesta severa o abundante. Al comparar ambos grupos no presentaron diferencias ( $p= 0,24$ ).

**Cuadro N°9. Presencia de tejido de granulación según la medicación pulpar a los 30 días.**

Grado de tejido de granulación	Medicación pulpar				Total	
	Formocresol		Hipoclorito de sodio			
	N	%	N	%	N	%
Ausente	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
Leve	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
Moderado	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
Severo	7	100.0%	7	100.0%	14	100.0%
Total	7	100.0%	7	100.0%	14	100.0%

A los 30 días, se presenció que todas las piezas están en proceso de reparación tisular, cumpliendo con toda la actividad fisiológica frente a la injuria. Esto es un indicador que el hipoclorito de sodio es biocompatible como el formocresol. ( $p=1,00$ )

**Gráfico N°3. Cambios en la presencia de tejido de granulación**



Se cumplió una adecuada actividad de reparación tisular pulpar caracterizado por angiogénesis, fibrosis y formación de colágeno, a los 14 días se presenció una leve diferencia, teniendo una mayor respuesta con el hipoclorito de sodio.

## VI. DISCUSIÓN

Hasta la actualidad, no se ha logrado un consenso sobre la medicación pulpar ideal, Nadin et al concluyó que, debido a la escasez de información, hasta ahora no se puede determinar la superioridad de un agente pulpar sobre otro.<sup>94</sup>

Del mismo modo, el uso de sustancias biocompatibles se ha convertido en un área de interés en la odontología moderna, sobre todo cuando se expone de manera directa con el tejido pulpar.<sup>95,96</sup> El hipoclorito de sodio es considerado un agente prometedor para su uso en pulpotomías de dientes deciduos.

Los estudios histológicos han demostrado que el hipoclorito de sodio (NaOCl) es biocompatible con la pulpa, y solo tiene efecto superficial sobre el tejido pulpar vital. Rosenfeld et al, evidenció que después de 15 minutos de aplicar NaOCl 5% intermitentemente sobre el tejido pulpar vital, solo fueron disueltas las primeras 3 o 4 capas de células, mientras que el tejido subyacente se mantuvo inafectado.<sup>97</sup> Dado que el tratamiento en el presente estudio fue durante 3 minutos, es lógico pensar que los efectos fueron más sutiles.

Terence M, comparó el efecto disolvente de NaOCl al 1%, 3% y 5% en pulpa necrótica, durante dos a diez minutos. El NaOCl 1% disolvió aproximadamente 37% dentro de los dos minutos de exposición, hasta los 10 minutos no mostraron aumento significativo en disolución. El NaOCl a 3 y 5% cada uno a disolvió un 70% de la pulpa dentro de los dos minutos, y no hubo un aumento significativo en el porcentaje disuelto en diez minutos.<sup>98</sup> Similar al estudio de Carl M, comparó también el efecto disolvente del hipoclorito de sodio al 5% con las soluciones de 0.5% y 2.5% durante 5 minutos. NaOCl 5% fue más efectivo en la disolución del tejido pulpar, fue 65% más efectivo que NaOCl 0.5%, pero no presentó diferencias significativas con NaOCl 2.5%.<sup>99</sup> En este estudio optamos por concentración del hipoclorito al 5%, debido que su acción disolvente es más potente, extrapolando a dientes deciduos cariados y con exposición

pulpar, nos brindaría la seguridad de una adecuada disolución de restos bacterianos sin afectar la pulpa dental.

Carl M, comparó el efecto disolvente del NaOCl al 5% en conductos radiculares, en periodos de 1, 5, 15 y 60 minutos; la mayor acción lo obtuvo de manera inmediata hasta el 1er minuto, entre los 5 y 15 minutos no hubo diferencias en la disolución, y continuó hasta los 60 minutos.<sup>99</sup> En el presente estudio optamos por la duración de 3 minutos en contacto con la pulpa dental, como una medida estándar al igual que el formocresol, en caso de dientes humanos deciduos, se podría utilizar el rango de 1 a 5 minutos sin presentar diferencias significativas de acuerdo a los antecedentes, el tiempo de duración dependería de la conducta del paciente pediátrico.

Hafeez et al, evidenció que el 86% de los dientes de primates irrigados con NaOCl 3% durante 40 a 50 segundos obtuvo la curación pulpar normal.<sup>59</sup> Las pruebas presentadas por estos estudios, junto con los hallazgos histológicos en este estudio, muestra evidencia para la utilización de NaOCl como medicación pulpar en dientes primarios.

En el presente estudio, el formocresol fue seleccionado como un apósito de control en pulpotomías, ya que todavía es considerado por muchos como el agente terapéutico estándar para pulpotomías en dientes primarios.

El éxito de una pulpotomía aumenta cuando se origina hemostasia del tejido pulpar.

Ranly informó que el tratamiento con formocresol origina como respuesta pulpar una inflamación crónica y son susceptibles a la formación de abscesos y la reabsorción interna,<sup>66</sup> en el presente estudio se evidenció inflamación crónica a los 14 y 30 días, pero con una adecuada reparación tisular.

Fuks et al, evidenció que un 29% de los dientes presentó inflamación severa 4 semanas después de pulpotomías con formocresol; los resultados del estudio a los 30 días fue del 42.9%.<sup>65</sup>

La formación de dentina terciaria, o dentina reparativa o también llamado “puente de dentina” en el sitio de la amputación pulpar es una señal de éxito en la pulpotomía. Cox CF y Murray PE et al, indicaron que la pulpa expuesta posee una capacidad inherente para producir dentina en respuesta a procedimientos quirúrgicos o el trauma, independiente del agente aplicado a la zona de la amputación.<sup>100,101</sup> En el presente estudio, no se pudo determinar formación de dentina reparativa debido al poco tiempo de evaluación y que los dientes de conejos crecen aproximadamente 2mm por semana durante toda la vida, y lo desgastan en la masticación, por lo tanto, el sitio de reacción desaparece.

De los dos agentes estudiados, NaOCl 5% promovió una respuesta celular inflamatoria menos que con formocresol. Estos hallazgos se corroboran con los resultados histológicos de Haghgoo R y Abbasi F.<sup>7</sup> En el mismo estudio, de 22 dientes pulpotomizados, evaluados a los 60 días, 5 dientes en el grupo de formocresol mostraron áreas de necrosis y ningún área en el grupo hipoclorito, en el presente estudio, de 14 dientes evaluados a los 30 días, se encontraron áreas de necrosis en 1 pieza dentaria en el grupo formocresol y 1 en el grupo Hipoclorito, no concordando con sus resultados, sin embargo, el estudio de Haghgoo R solo se evaluó a los 60 días, en el presente estudio se encontró mayor cantidad de áreas a los 7 días en ambos grupos, disminuyendo paulatinamente con el tiempo.

Según García-Godoy, NaOCl fue el agente más eficaz en la eliminación de la biopelícula de la cavidad y controló la hemorragia, permitiendo la restauración sin inconvenientes, en el presente estudio se utilizó el policarboxilato de zinc por presentar mayor resistencia que el eugenolato, debido que en el estudio piloto los conejos lo retiraban con su lengua.

Según Parolia A, diversos estudios han reportado excelentes resultados para el MTA en pulpotomías, algunos autores lo catalogan como el mejor agente pulpar, demostraron que el MTA e hidróxido de calcio tienen un mecanismo similar para la

formación de tejido duro, <sup>102</sup> reportaron también propiedades favorables como de una alta alcalinidad (que ha sido relacionado con sus propiedades bactericidas) y excelente biocompatibilidad. <sup>103-05</sup> Pero la desventaja es su alto precio, su complicado manejo y solo puede ser utilizado una vez.

Las observaciones experimentales en modelos animales no necesariamente son aplicables en seres humanos. Si bien se puede argumentar que esto es cuestionable cuando los animales de experimentación son roedores y lagomorfos; aumenta la similitud si son perros, y según Pascon et al, consideran que los primates son el mejor modelo animal para estudios de endodoncia.<sup>106</sup>

En la práctica cotidiana los signos y síntomas clínicos determinan el éxito. En los conejos esto no es posible determinar de la misma manera, sin embargo, durante el periodo de observación (7-30 días) la ganancia de peso normal, una adecuada alimentación, nos da indicios que durante el periodo no presentaron dolor y estos patrones sugieren que hay éxito clínico.

Se reconoce que un tratamiento es clínicamente exitoso si el diente pulpotomizado carece de sintomatología, si reacciona adecuadamente a las pruebas de sensibilidad y tiene una apariencia radiográfica normal, como en los estudios de Al-Mutairi MA et al, <sup>11</sup> y John DR et al, <sup>12</sup> donde en ambos estudios concluyeron que la tasa de éxito clínico y radiográfico del hipoclorito de sodio son comparables a los del formocresol. Es imposible diagnosticar clínicamente si ocurrió una curación en el sitio de reacción, por lo que una evaluación crítica de los resultados de pulpotomías sólo puede hacerse histológicamente.

## VII. CONCLUSIONES

- Los agentes alternativos para pulpotomías deben ser igual o más efectivos que el formocresol y con un mayor margen de seguridad. De acuerdo con estos criterios, se evidenció histológicamente que el hipoclorito de sodio es un agente alternativo aceptable.
- Este estudio ha demostrado que tanto el formocresol como el hipoclorito de sodio mantienen la vitalidad pulpar de forma exitosa en dientes pulpotomizados de conejos, presentando una adecuada respuesta tisular mediante la actividad del tejido de granulación durante el periodo de evaluación.
- En ambos grupos se encontraron áreas con necrosis pulpar en el sitio de reacción, pero fueron disminuyendo paulatinamente debido a una adecuada reparación tisular.
- El hipoclorito de sodio promovió una menor respuesta de células inflamatorias de la pulpa dental que con formocresol, sin embargo no se encontró diferencias significativas.

## **VIII. RECOMENDACIONES**

- Se requieren de datos cuantitativos, así como también investigaciones clínicas con un mayor tamaño muestral y períodos de seguimiento más largos.
- Por otra parte, se deben seguir evaluando las tasas de éxito clínico y radiográfico de dientes primarios pulpotomizados con hipoclorito de sodio y formocresol.
- En dientes humanos, no se han descrito criterios histológicos para el éxito. Se sugiere que hay éxito en la dentición temporal, siempre que el diente tratado se presente clínicamente funcional y sin sintomatología.

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Balakrishna K. Is formocresol obsolete?. *Annals and Essences of Dentistry*. 2011; 3(2):104-7
2. Soria A, Molina N. Comparación mutagénica y genotóxica de formocresol, cresol, formaldehído, y glutaraldehído. *Acta Pediatr Mex* 2005; 26(4):190-5
3. Cuadros C. Estudio clínico comparativo de diferentes agentes pulpares en pulpotomías de molares primarios. (Tesis doctoral) Barcelona. Universidad Internacional de Catalunya. 2013. 142 p
4. Neamatollahi H, Tajik A. Comparison of Clinical and Radiographic Success rates of Pulpotomy in primary molars using Formocresol, Ferric Sulfate and Mineral Trioxide Aggregate (MTA). *Journal of Dentistry* 2006; 3(1):6-14.
5. Nunn JH, Smeaton I, Gilroy J. The development of formocresol as a medicament for primary molar pulpotomy procedures. *Journal of dentistry for children* 1996;63(1):51-3.
6. Chia ER, Castro R. Cambios histológicos en dientes pulpotomizados tratados con formocresol y agregado de trióxido mineral en *Canis Familiaris*. *Kiru* 2011; 8(2), 68-73.
7. Haghgoo R, Abbasi F. A histopathological comparison of pulpotomy with sodium hypochlorite and formocresol. *Iran Endod J* 2012;7:60-2
8. Koyuturk A, Sen E, Sule B, Bulent A, Ozmen B. Histological evaluation of Ankaferd blood stopper, ferric sulfate and formocresol as pulpotomy agents in rat molars. *Journal of Pediatric Dentistry*. 2013;1:32-6
9. Vargas K, Packham B, Lowman D. Preliminary Evaluation of Sodium Hypochlorite for Pulpotomies in Primary Molars. *Pediatric Dentistry* 2006;28: 511-517
10. Myers DR, Pashley DH, Whitford GM, McKinney RV. Tissue changes induced by the absorption of formocresol from pulpotomy sites in dogs. *Pediatr Dent* 1983;5:6-

11. Al-Mutairi MA, Bawazir OA. Sodium Hypochlorite versus Formocresol in primary molars pulpotomies: a randomized clinical trial. *Eur J Paediatr Dent* 2013;14:33-6
12. Jhon DR, Cox CF, Mitchell SC, Makhija S, Chompu-Inwai P, Jackson J et al. A randomized study of sodium hypochlorite versus formocresol pulpotomy in primary molar teeth. *Int J Paediatr Dent*. 2013 Mar;23(2):145-52
13. Huth KC, Hajek-Al-Khatar N, Wolf P, Ilie N, Hickel R, Paschos E. Log-term effectiveness of four pulpotomy techniques: 3-year randomized controlled trial. *Clin Oral Investig* 2012;16:1243-50.
14. Tang HM, Nordbo H, Bakland LK. Pulpal response to prolonged dentinal exposure to sodium hypochlorite. *Int Endod J* 2000;33:505-8
15. Hafez AA, Cox CF, Tarim B, Otsuki M, Akimoto N. An in vivo evaluation of hemorrhage control using sodium hypochlorite and direct capping with a one- or two component adhesive system in exposed nonhuman primate pulps. *Qintessence Int* 2002;33:261-72.
16. Vostatetk SF, Kanellis MJ, Weber-Gasparoni K, Gregorsok RL. Sodium hypochlorite pulpotomies in primary teeth: a retrospective assessment. *Pediatr Dent* 2011;33:327-32
17. García-Godoy F, Murray P. Systemic evaluation of various haemostatic agents following local application prior to direct pulp capping *Braz J Oral Sci*. July-September 2005;4(2):791-7
18. Ratnakumari N, Bijimol T. A Histopathological Comparison of Pulpal Response to Chitra-CPC and Formocresol used as Pulpotomy Agents in Primary Teeth: A Clinical Trial *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 2012 April;5(1):6-13
19. Fuks AB, Eidelman E, Cleaton-Jones P, Michaeli Y. Pulp response to ferric sulfate, diluted formocresol and IRM in pulpotomized primary baboon teeth. *J Dent Child*. 1997;64(4):254-9.

20. Karami B, Khayat A, Moazami F. Histological evaluation of the effect of three medicaments; trichloroacetic acid, formocresol and mineral trioxide aggregate on pulpotomised teeth of dogs. *Aust Endod J* 2009; 35: 18–28.
21. Zarzar PA, Rosenblatt A, Takahashi CS, Takeuchi PL, Costa LA. Formocresol mutagenicity following primary tooth pulp therapy: an in vivo study. *J Dent*. 2003; 31(7): 479-58.
22. Kiyoshi A. The formaldehyde inspiration by the child patient, dentist and dental assistant during formocresol pulpotomy. *Pediatric Dental Journal*. 2011; 21(2): 138-44.
23. Lecsy N. Tratamientos pulpaes en dientes temporales. In *Conceptos Básicos Odontología Pediátrica.*: Disinlimed C.A.; 1996. 319-58.
24. Liewehr D. Estructura y funciones del complejo dentinopulpar. Stephen Cohen KM. *Vías de la pulpa*. 9th ed. Madrid: Elsevier; 2007. 469-522.
25. Gómez de Ferraris M. Complejo Dentino- Pulpar I: Pulpa Dental. *Histología y Embriología Bucodental*. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana; 2001. 175- 93.
26. Bjorndal L. Dentin and pulp reactions to caries and operative treatment: biological variables affecting treatment outcomes. *Endodontic Topics*. 2002; 3: 123-36.
27. Bailleul-Forestier I, Molla M, Verloes A, Berdal A. The genetic basis of inherited anomalies of the teeth: Part 1: Clinical and molecular aspects of non-syndromic dental disorders. *European Journal of Medical Genetics* 2008;51;273-291.
28. González E. Diagnóstico y tratamiento pulpar en dentición temporal. J. Boj. *Odontopediatría*. Barcelona. Masson; 2005.173-83.
29. Fuks AB. Tratamiento pulpar para la dentición primaria. Pinkham JR. *Odontología pediátrica*. 3rd ed.: McGraw - Hill Interamericana; 2001. 368-83.
30. American Board of Endodontics Pulpal and Periapical Diagnostic Terminology. *JOE*. 2009; 35(12): 1625-33.

31. American Academy of Pediatric Dentistry. guideline on pulp therapy for primary and young permanent teeth. Clinical guidelines. 2009; 30(7).
32. Ashraf LL. Efectos de la caries y los tratamientos dentales sobre la pulpa. Stephen Cohen KH. Vías de la pulpa. Madrid: Elsevier; 2007. 524-50.
33. Sociedad Española de Odontopediatría y Academia Americana de Odontopediatría. <http://www.odontologiapediatrica.com/pulpa>. [Online]; 2008 [cited 2015 Junio 14].
34. Villena Martínez H. Pulpectomía en dientes primarios. Endodoncia Pediátrica. Lima; 2005. 140-76.
35. Rodd HD. UK National Clinical Guidelines in Paediatric Dentistry. Pulp therapy for primary molars. International Journal of Paediatric Dentistry. 2006; 16(1): 15-23.
36. Joe H. Camp AF. Endodoncia pediátrica: tratamiento endodóncico en la dentición temporal y permanente joven. Stephen Cohen KH. Vías de la pulpa. Madrid: Elsevier; 2007. 836-96.
37. American Academy of Pediatric Dentistry. Guideline on pulp therapy for primary and young permanent teeth. Clinical guidelines. 2009; 30(7).
38. Srinivasan V. Is there life after Buckley's formocresol? Part I- A narrative review of alternative interventions and materials. Internacional Journal of Paediatric Dentistry. 2006;16:117-27.
39. Fuks AB. Vital pulp therapy with new materials for primary teeth: New directions and treatment perspectives. J Endod. 2008 July;34
40. Assed S BLF Pupotomía en dientes temporales y permanentes jóvenes. In L B. Tratado de odontopediatría. Sao Paulo: AMOLCA; 2008. 571-611.
41. Martínez HV. Diagnóstico clínico pulpar y periapical. In Endodoncia pediátrica. Lima: Universidad Peruana Cayetano Heredia; 2005. 58-78.
42. Calatayud J. Análisis de los estudios clínicos sobre la eficacia de las técnicas alternativas al formocresol en las pulpotomías de dientes temporales. Avances en Odontoestomatología. 2006; 22(4): 229-39.

43. Fuks AB. Terapia pulpar conservadora en la dentición primaria. Pulpotomía. Endodoncia Pediátrica. Lima: Universidad Peruana Cayetano Heredia; 2005. 100-26.
44. King S. Concentration of formocresol used by pediatric dentists in primary tooth pulpotomy. *Pediatric Dent.* 2002; 24(2): 157-9.
45. Coll B. A survey of primary tooth pulp therapy as taught in US Dental Schools and practiced by Diplomates of the American Board of Pediatric Dentistry. *Pediatric Dentistry.* 2008; 30(1): 42-8.
46. American Board of Endodontics Pulpal and Periapical Diagnostic Terminology. *JOE.* 2009; 35(12): 1625-33.
47. Martínez HV. Materiales utilizados en la terapia endodóntica de dientes primarios. In *Endodoncia pediátrica.* Lima: Universidad Peruana Cayetano Heredia; 2005. 206-43.
48. Peng L. Evaluation of formocresol versus ferric sulphate primary molar pulpotomy: A systematic review and meta-analysis. *Int Endod J.* 2007; 40(10): 751-7.
49. Huth KC. Long-term effectiveness of four pulpotomy techniques: 3 year randomised controlled trial. *Clin Oral Investig.* 2012; 16(4): 1243-50.
50. Loh A, O'Hoy P, Tran X, Charles R, Hughes A, Kubo K, Messer LB. Evidence-based assessment: evaluation of the formocresol versus ferric sulfate primary molar pulpotomy. *Pediatr Dent* 2004; 26(5):401-9
51. Deery C. Formocresol and ferric sulfate have similar success rates in primary molar pulpotomy. In carious primary molars does a pulpotomy performed with ferric sulphate, compared with formocresol, result in greater clinical/radiographic success. *Evid Based Dent* 2005; 6(3):70
52. Casas MJ, Kenny DJ, Layug MA. Two-year outcomes of primary molar ferric sulfate pulpotomy and root canal therapy. *Pediatr Dent* 2003; 25(2):97-102

53. Biondi A. Pulpotomías en molares primarios. Evaluación clínico radiográfica de formocresol o trióxido mineral agregado. *Revista de la Facultad de Odontología (UBA)*. 2008; 23(54/55): 13-7.
54. Maroto M. Estudio clínico del agregado trióxido mineral en pulpotomías de molares temporales: estudio piloto a 15 meses. *RCOE*. 2004;9(1).
55. Hadeer A. Comparison of mineral trioxide aggregate and formocresol as pulp-capping agents in pulpotomized primary teeth. *Pediatr Dent*. 2004;26(4): 302-9.
56. Pinar A. Success rates of mineral trioxide aggregate, ferric sulfate, and formocresol pulpotomies: A 24- month study. *Pediatric Dentistry*. 2011;33(2): 165-70.
57. Tang HM, Nordbo H, Bakland LK. Pulpal response to prolonged dentinal exposure to sodium hypochlorite. *Int Endod J* 2000;33:505-8.
58. Rosenfeld EF, James GA, Burch BS. Vital pulp tissue response to sodium hypochlorite. *J Endod* 1978;5:140-6.
59. Hafez AA, Kopel HM, Cox CF. Pulpotomy reconsidered: Application of an adhesive system to pulpotomized permanent primate pulps. *Quintessence Int* 2000;31:579-89.
60. Accorinte MLR, Loguercio AD, Reis A, Muench A, Araujo VC. Responses of human pulp capped with a bonding agent after bleeding control with hemostatic agents. *Oper Dent* 2005;2:147-55.
61. Liu J. Nd: YAG laser pulpotomy of human primary teeth. *International Congress Series*. 2003; 1248: 251-6.
62. Assed S. Pulpotomía en dientes temporales y permanentes jóvenes. In L B. *Tratado de odontopediatría*. Sao Paulo: AMOLCA; 2008. 571-611.
63. Lucas A, Catazaro S. Proteínas Morfogenéticas Oseas: Terapéutica Molecular en el Proceso del Reparación del Tejido. *Rev Odontol Univ Sao Paulo* 1998; 12(3):299-304

64. Henostroza N, Gomez P. Proteínas Morfogenéticas. Rev Estomatol Herediana 1999; 9(1):32-7
65. Fuks A. Pulp therapy for the primary and young permanent dentitions. Dent Clin North Am 2000; 3:571-96
66. Ranly DM. Pulpotomy therapy in primary teeth: new modalities for old rationales. Pediatr Dent 1994; 16(6):403-9
67. Patchett CL, Srinivasan V, Waterhouse PJ. Is there life after Buckley's formocresol? Part II – Development of a protocol for the management of extensive caries in the primary molar. Int J Paediatr Dent 2006; 16(3):199-206
68. Cortes O, Boj J, Canalda C. Estado actual de los distintos fármacos utilizados en pulpotomias en dentición primaria. Rev Endodoncia 1995; 13(4):178-85
69. Villena H. Endodoncia Pediátrica. Lima: Universidad Peruana Cayetano Heredia; 2005
70. Boj J. R, Catalá M., García-Ballesta C., Mendoza A. Odontopediatría. 2ª ed. Barcelona: Masson. 2005
71. Nunn JH, Smeaton I, Gribog J. The development of formocresol for primary molar pulpotomy procedures. J. Dent Child 1996; 63:51-3.
72. Millalta P, Duarte A. Análisis de Pastas Obturadoras utilizadas en la Terapia Pulpar en Dientes Deciduos. Rev. Mundo Odontológico 2001, p 42
73. Maroto M. Estudio Clínico del Agregado Trióxido Mineral. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid, 2003.
74. Morales M, Cabañas C, Ramos L. Uso del Formocresol diluido en Dientes Temporales. Rev Cubana Estomatol 1998; 35(1):5-10
75. International Agency for Research on Cancer. <http://www.iarc.fr/pageroot/PRELEASES/pr153a.html> [Online]; 2015 [cited 2015 June 19].
76. Collins JJ, Lineker GA. A review and meta-analysis of formaldehyde exposure and leukaemia. Regulatory Toxicology and Pharmacology 2004; 40(2): 81–91

77. Cohen S, Burns RC. Pathways of the pulp. Missouri. Mosby. 1998
78. Bystrom A. The antibacterial action of sodium hypochlorite and EDTA in 60 cases of endodontic therapy. *Int Endod J* 1985;18:35-40.
79. Mérida H. Estudio microscopio electrónico de barrido de la acción desinfectante de diez diferentes irrigantes sobre los conductos dentinarios. V Interamericana Electrón Microscopy Congress, 1999, Porlamar, Isla de Margarita.
80. Estrela C, Estrela CRA, Barbin EL, Spanó JL, Marchesan MA, Pécora JD. Mechanism of action of Sodium Hypochlorite. *Braz Dent J* 2002; 13(2):113-7.
81. Gambarini G. Quematical stability of heated sodium hypochlorite endodontic irrigant. *JEndodon* 1998;24:432-4.
82. Cunnighan W. Effect of temperatura on the bactericidal action of sodium hypochlorite endodontic irrigant. *Oral Surg* 1980;50:569
83. Harrison W. The effect of dilution and organic matter on the antibacterial property of 5.25% sodium hypochlorite. *J Endodon* 1981;7:128.
84. Ghowt W. Mechanical effectiveness of root canal irrigation. *J Endodon* 1983; 9(11) 475-79.
85. Pécora JD, Guerisoli DMZ, Da Silva RS, Vansan LP. Shelf-Life of 5% Sodium Hypochlorite Solutions. *Braz Endod J* 1997;2(1), 43-45.
86. Perez AS, Sanchez JA. Manual de cunicultura. 2da ed. Buenos Aires: Albatros; 1993. Capítulo 1, Origen e historia; p. 16-19.
87. Perez AS, Sanchez JA. Manual de cunicultura. 2da ed. Buenos Aires: Albatros; 1993. Capítulo 3, Aparato digestivo; p. 38-40.
88. Lobprise HB. Manual clínico Odontología de pequeños animales. 1a ed. Buenos Aires: Inter-Médica; 2008. Capítulo 57, Sobrecrecimiento de los incisivos en roedores y lagomorfos. p. 335-342.
89. Barbado JL. Cría de conejos. 1ra ed. Buenos Aires: Albatros.2006, p.56-63
90. Barbado JL. Cría de conejos. 1ra ed. Buenos Aires: Albatros.2006, p.36-50
91. Barbado JL. Cría de conejos. 1ra ed. Buenos Aires: Albatros.2006, p.123-130

92. Harkness JE, Wagner JE. *Biología y clínica de Conejos y roedores*. 1ed. Zaragoza: Acribia;1977. Capítulo 3, Procedimientos clínicos; p. 53-63.
93. Rosenfeld E, James G, Burch B. Vital Pulp Tissue Response to Sodium Hypochlorite. *Journal of Endodontics* I. 1978;1(5):140-6.
94. Nadin G, Goel BR, Yeung CA, Glennly AM. Pulp treatment for extensive decay in primary teeth. *Cochrane Database Syst Rev* 2003;1:130.
95. Lima RV, Esmeraldo MR, de Carvalho MG, de Oliveira PT, de Carvalho RA, da Silva FL Jr, et al. Pulp repair after pulpotomy using different pulp capping agents: A comparative histologic analysis. *Pediatr Dent* 2011;33:14-8.
96. Odabaş ME, Ertürk M, Çınar Ç, Tüzüner T, Tulunoğlu Ö. Cytotoxicity of a new hemostatic agent on human pulp fibroblasts in vitro. *Med Oral. Patol Oral Cir Bucal* 2011;16:84-7.
97. Rosenfeld EF, James GA, Burch BS. Vital pulp tissue response to sodium hypochlorite. *J Endod* 1978;5:140-6.
98. Terence M, Damato D, Christner P. EP. Solvent effect of various dilutions of sodium hypochlorite on vital and necrotic tissue. *Journal of Endodontics*. 1981;7(10): 466-9.
99. Carl M. Richard M, Lazzari EP. Quantitative study of sodium hypochlorite as an in vitro endodontic irrigant. *Journal of Endodontics*. 1977; 3(5): 194-6.
100. Cox CF, Sübay RK, Ostro E, Suzuki S, Suzuki SH. Tunnel defects in dentin bridges: Their formation following direct pulp capping. *Oper Dent*. 1996;21:4-11.
101. Murray PE, Hafez AA, Smith AJ, Cox CF. Hierarchy of pulp capping and repair activities responsible for dentin bridge formation. *Am J Dent* 2002; 15: 236-43.
102. Parolia A, Kundabala M, Rao N, Acharya R Agrawal P, Mohan M, Thomas M. A comparative histological analysis of human pulp following direct pulp capping with Propolis, mineral trioxide aggregate and Dycal. *Australian Dental Journal* 2010; 55: 59–64

103. Nair PNR, Duncan HF, Pitt Ford TR, Lunder HU. Histological, ultrastructural and quantitative investigations on the response of healthy human pulps to experimental capping with mineral trioxide aggregate: a randomized controlled trial. *Int Endod J* 2008;41:128–150.
104. Faraco IM Jr, Holland R. Response of the pulp of dogs to capping with mineral trioxide aggregate or a calcium hydroxide cement. *Dent Traumatol* 2001;17:163
105. Tziafas D, Pantelidou O, Alvanou A, Belibasakis G, Papadimitriou S. The dentinogenic effect of mineral trioxide aggregate (MTA) in short-term capping experiments. *Int Endod J* 2002;35: 245–254.
106. Cleaton-Jones P, Duggal M, Parak R, William S, Steze S. Ferric sulphate and formocresol pulpotomies in baboon primary molars: histological. *Eur J Paediatr Dent.* 2002;3(3):121-5.

## **X. ANEXOS**

# Anexo 1

## Metodología experimental



Figura 1. Mesa de trabajo



Figura 2. Inducción a la anestesia general, administrando Pentobarbital sódico 1mL/2.5kg vía endovenosa.



Figura 3. Vista inicial dientes incisivos



Figura 4. Anestesia infiltrativa con lidocaína al 2% (dosis máxima  $\frac{1}{4}$  de cartucho de 2mL).



Figura 5. Apertura cameral con fresa de fisura



Figura 6. Aplicación del formocresol (incisivos derechos) e hipoclorito de sodio (incisivos izquierdos) durante 3 minutos.

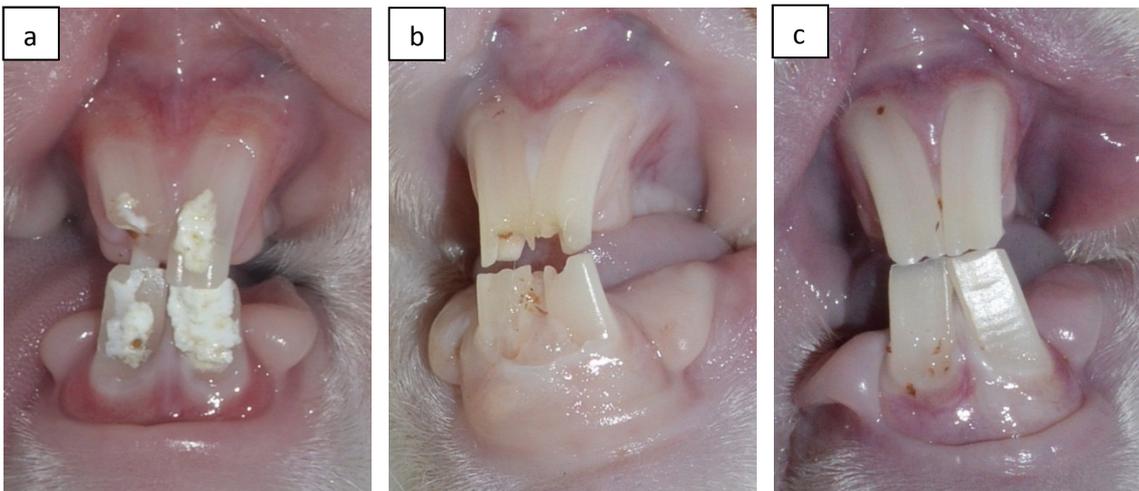


Figura 7. Vista final de diferentes dientes. a) a los 7 días b) a los 14 días c) a los 30 días.



Figura 8. Extracción de la muestra para su procesamiento histológico

Anexo 2

Tabla de recolección de datos

Respuesta histológica de la pulpa dental con formocresol 1:5 e hipoclorito de sodio al 5% en dientes pulpotomizados de *Oryctolagus Cuniculus*

Pieza	Grupo	Tiempo	Respuesta histológica pulpar											
			Células inflamatorias				Áreas de necrosis				Tejido de granulación			
			Gr0	Gr1	Gr2	Gr3	Gr0	Gr1	Gr2	Gr3	Gr0	Gr1	Gr2	Gr3
1	GF	G1												
2	GF	G1												
3	GH	G1												
4	GH	G1												
5	GF	G1												
6	GF	G1												
7	GH	G1												
8	GH	G1												
9	GF	G1												
10	GF	G1												





## Anexo 3

### Lectura histológica

(Corte longitudinal de diente, tinción H&E, microscopio óptico 10x)

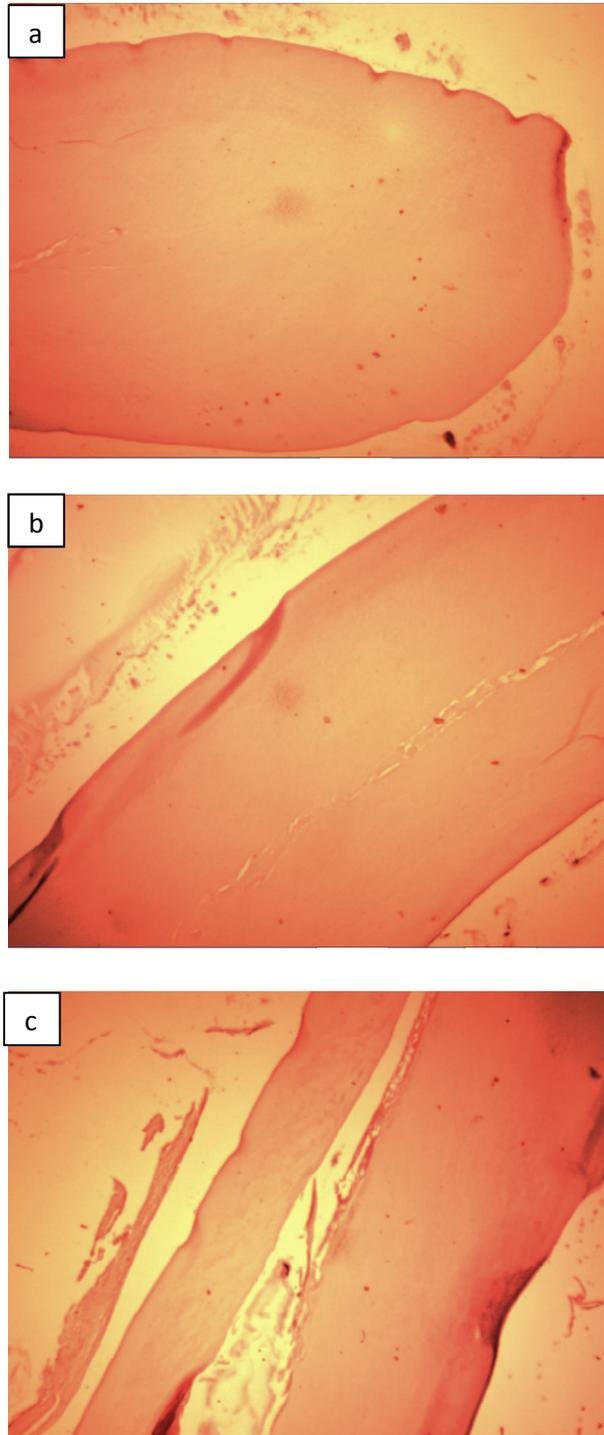


Figura 9. Diente sano x4 a) Corona b) Pulpa coronal y parte del conducto radicular c) Pulpa radicular

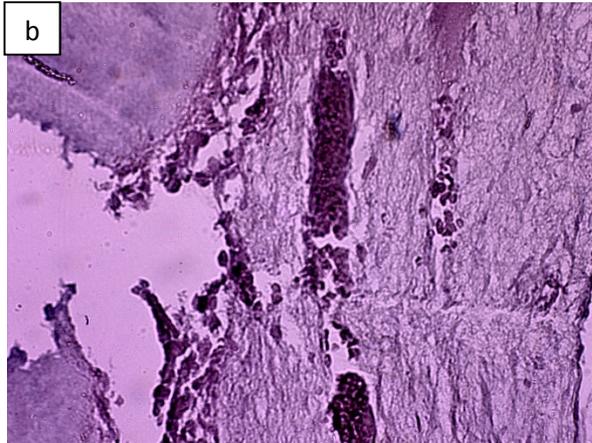
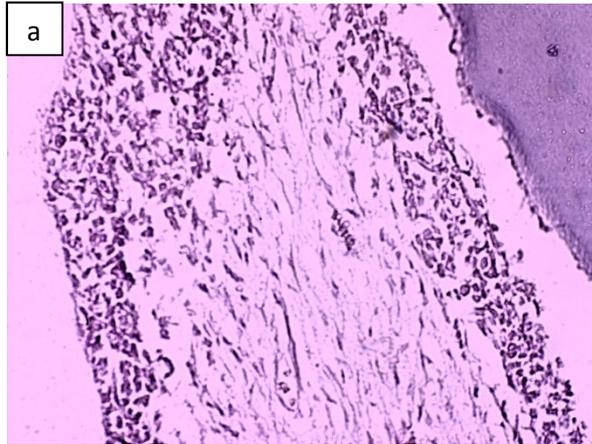
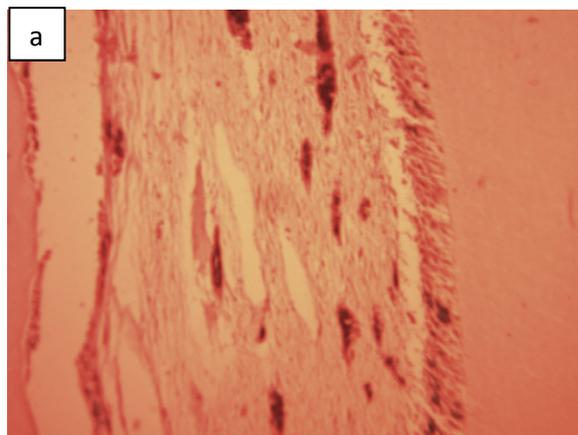


Figura 10. Diente evaluado después de 1 hora. a) Formocresol x4 (Inflamación severa) b) Hipoclorito de sodio 10x (Inflamación severa)



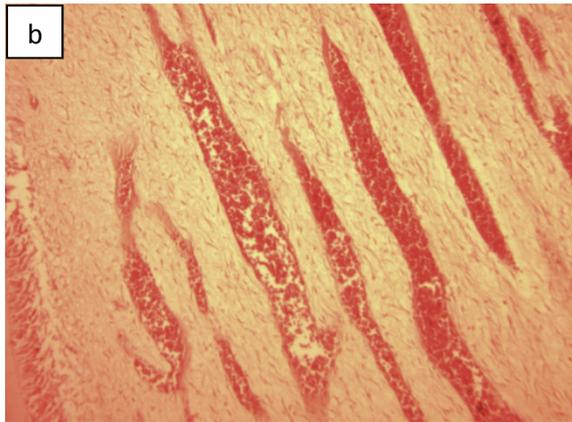


Figura 11. Diente con Inflamación muy leve evaluado a los 7 días. a) Formocresol 4x b) Hipoclorito de sodio 10x

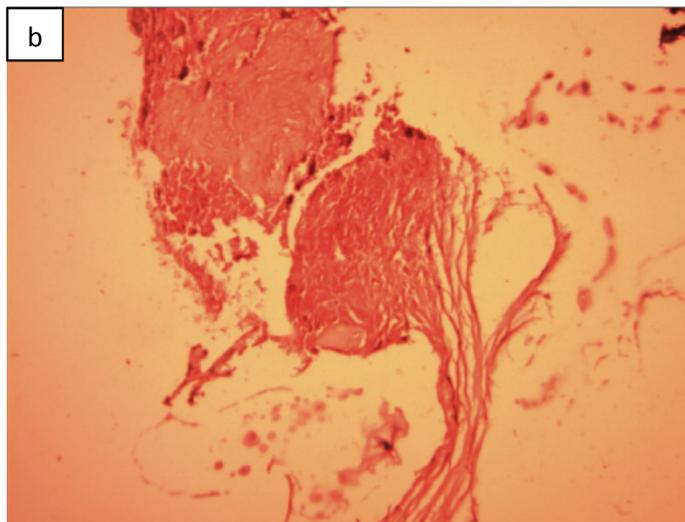
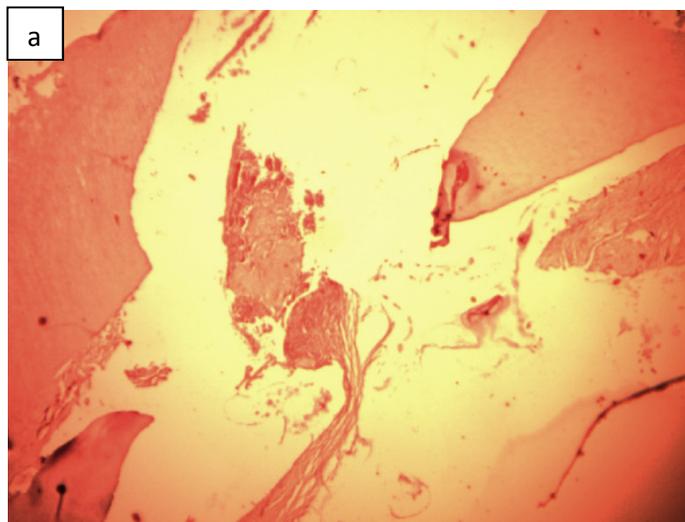


Figura 12. Diente con Inflamación leve (agudo) evaluado a los 7 días. Hipoclorito de sodio a) 4x b) 10x

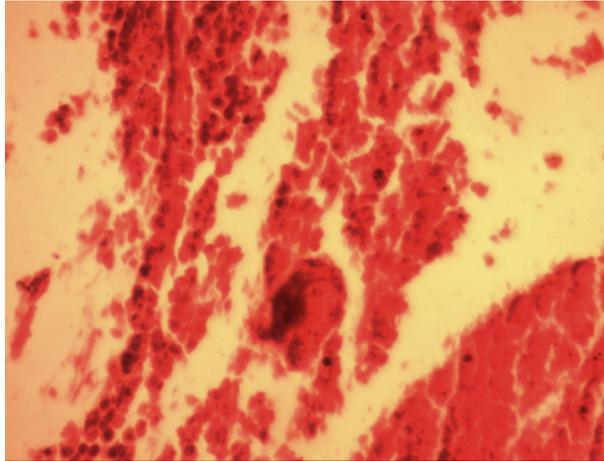


Figura 13. Diente con Inflamación moderada (agudo) evaluado a los 7 días.  
Formocresol 10x

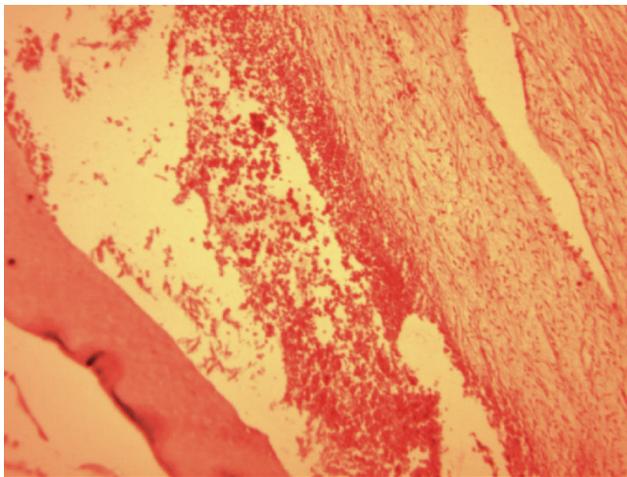


Figura 14. Diente con Inflamación severa (agudo) evaluado a los 7 días.  
Formocresol 10x

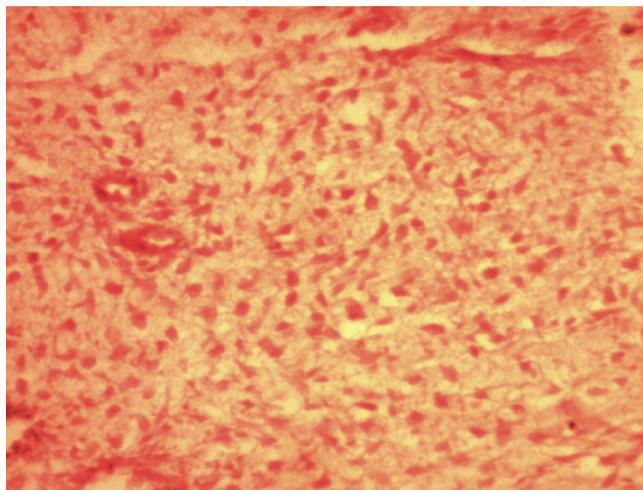


Figura.15. Diente con inflamación severa (crónico) evaluado a los 14 días.  
Formocresol 10x

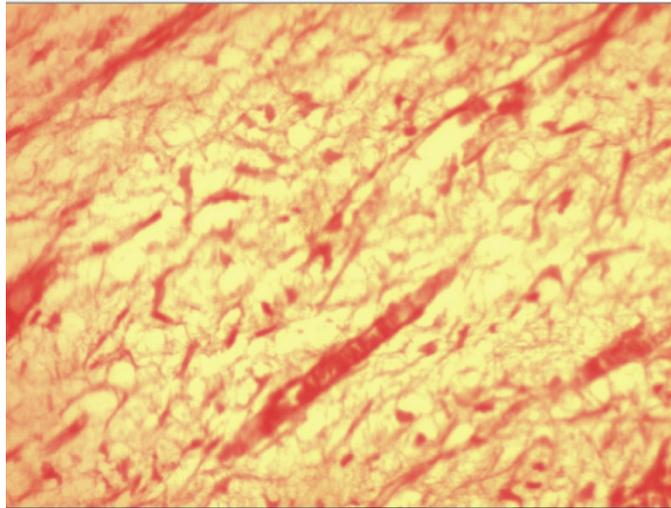


Figura. 16. Diente con inflamación severa (crónico) evaluado a los 30 días.  
Formocresol 10x

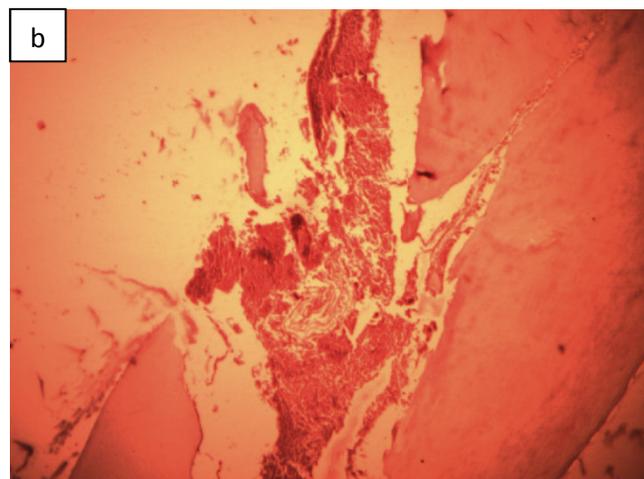
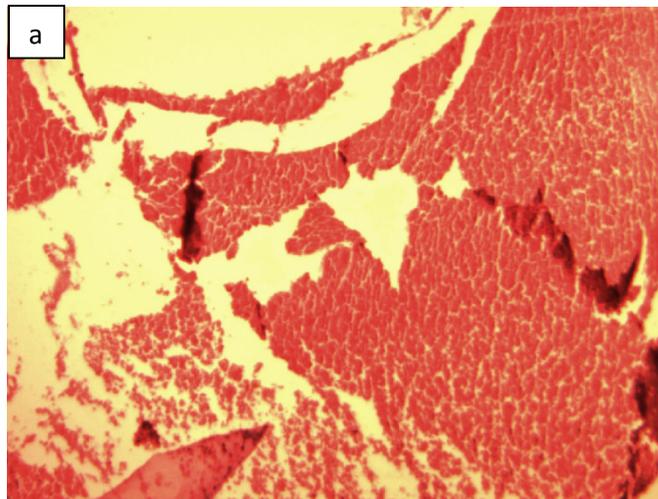


Figura 17. Diente con áreas de necrosis a los 7 días a) Formocresol 10x b)  
Hipoclorito de sodio 4x

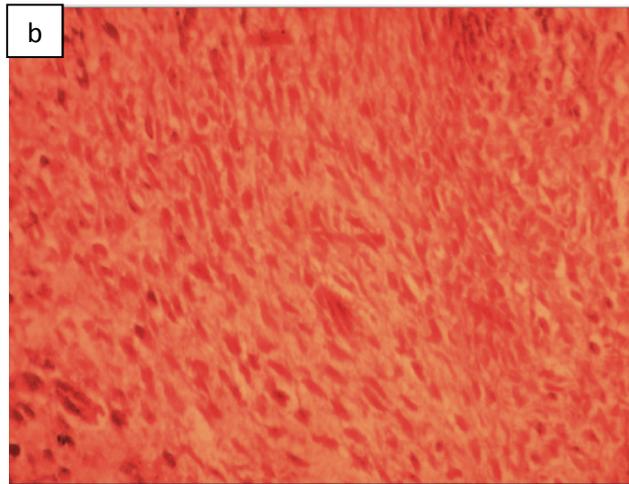
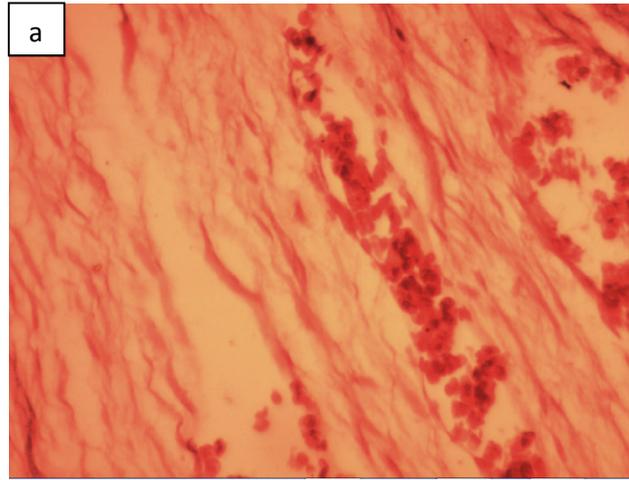
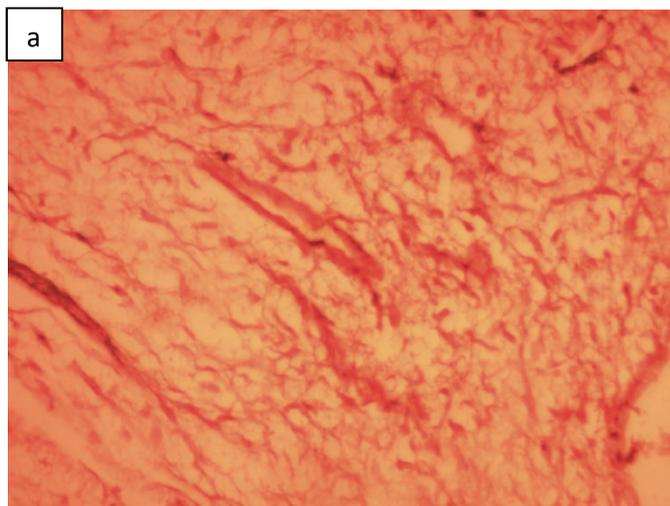


Figura 18. Diente con presencia de tejido de granulación severo a los 14 días  
a) Formocresol 40x b) Hipoclorito de sodio 10x



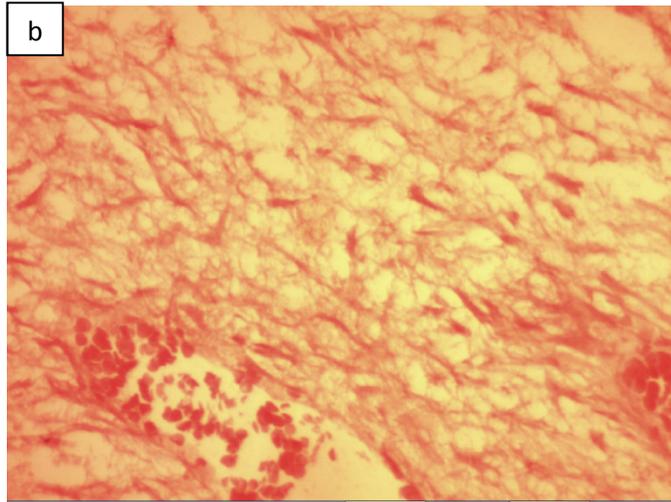


Figura 19. Diente con presencia de tejido de granulación severo a los 30 días  
a) Formocresol 10x b) Hipoclorito de sodio 10x