



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO  
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

Centro de Investigación y Estudios Avanzados en  
Odontología "Dr. Keisaburo Miyata".

**“Efectos en las propiedades físicas y  
mecánicas de un cemento a base de silicato  
tricálcico purificado modificado con  
ketorolaco”**

**TESIS DE INVESTIGACIÓN**

*PARA OBTENER EL GRADO DE:*

*MAESTRA EN CIENCIAS ODONTOLÓGICAS*

Presenta:

C.D. Alejandra Itzel López Flores

Director Académico

Dr. En Cs. Elías Nahúm Salmerón Valdés

Codirector

Dr. En O. Rogelio José Scougall Vilchis

Tutor:

Dra. En Cs. Adriana Alejandra Morales Valenzuela

Toluca, Estado de México, Noviembre 2021



2017-2021

## ÍNDICE

No.	Contenido	Pág.
1.	Introducción	7
2	Antecedentes	9
3	Marco teórico	12
	3.1 Complejo dentinopulpar	12
	3.1.2 Zonas de complejo dentinopulpar	12
	3.1.3 Capa de odontoblastos	12
	3.1.4 Zona acelular	13
	3.1.5 Zona rica en células	13
	3.1.6 Zona central de la pulpa	13
	3.2 Células de la pulpa dental	13
	3.2.1 Odontoblastos	13
	3.2.2 Fibroblastos pulpaes	14
	3.2.3 Células mesenquimáticas indiferenciadas	14
	3.2.4 Macrófagos	14
	3.2.5 Células dendríticas	14
	3.2.6 Linfocitos	14
	3.2.7 Fibras de la pulpa dental	15
	3.2.8 Tipos de fibras de la pulpa dental	15
	3.2.9 Sustancia fundamental	15
	3.2.10 Irrigación	15
	3.2.11 Inervación	16
	3.2.12 Tipos de fibras nerviosas	16
	3.2.13 Características de las fibras sensitivas	16
	3.2.14 Cámara pulpar	17
	3.3 Fisiología del complejo dentinopulpar	17
	3.3.1 Funciones del complejo dentinopulpar	18
	3.3.2 Neuropéptidos	18
	3.4 Sensibilidad dentinaria	18

3.5 Respuesta del complejo dentinopulpar ante los diferentes tipos de irritantes.	19
3.6 Respuesta de la pulpa ante la caries dental	20
3.7 Efectos del tratamiento restaurador sobre la pulpa	21
3.8 Enfermedad pulpar	21
3.8.1 Pulpitis reversible	22
3.8.2 Pulpitis irreversible	22
3.8.3 Pulpitis irreversible sintomática	22
3.8.4 Pulpitis irreversible asintomática	23
3.9 Herida pulpar	24
3.10 Recubrimiento pulpar	24
3.11 Técnica de protección pulpar directa	24
3.12 Materiales utilizados para el recubrimiento pulpar directo	25
3.12.1 Hidróxido de calcio	25
3.12.2 Cemento de ionómero de vidrio	25
3.12.3 Agregado de Trióxido Mineral	26
3.12.4 Silicato tricálcico purificado (STP)	26
3.12.5 Cemento a base de STP aplicado como recubrimiento pulpar directo	26
3.12.6 Composición del cemento a base de STP	27
3.12.7 Reacción y tiempo de fraguado del cemento a base de STP	28
3.13.8 Presentación comercial y manipulación del cemento a base de STP	28
3.13 Dolor	29
3.14 Inflamación	30
3.15 Inflamación aguda	30
3.16 Inflamación pulpar	30
3.17 Analgésicos No Esteroideos utilizados en Odontología	31
3.18 Mecanismo de acción	32
3.19 Clasificación de los AINES	33
3.2 Ketorolaco	34
3.21 Dureza superficial	35
3.22 Métodos de medición de dureza	35

3.23	Método de dureza Vickers	35
3.24	Resistencia a la compresión	35
3.25	Resistencia a la flexión	36
4	Planteamiento del problema	37
5	Justificación	38
6	Hipótesis	39
7	Objetivos	40
7.1	Objetivo general	40
7.2	Objetivo específicos	40
8	Marco metodológico	41
8.1	Diseño de estudio	41
8.2	Universo	41
8.3	Muestra	41
8.4	Tipo de muestreo	41
8.5	Criterios de inclusión	41
8.6	Criterios de exclusión	41
8.7	Criterios de eliminación	41
8.8	Material y equipo	41
8.9	Tabla de variables	43
8.10	Método	44
8.11	Implicaciones Bioéticas	55
8.12	Análisis estadístico	56
9	Resultados	57
10	Artículo/ Resumen	59
11	Discusión	61
12	Conclusiones	64
13	Sugerencias	65
14	Referencias	66

## RESUMEN

Las patologías pulpares son el principal motivo de emergencia en la consulta odontológica, por esta razón es de vital importancia la aplicación de un recubrimiento pulpar directo, el cemento a base de silicato tricálcico purificado se utiliza como sustituto bioactivo de la dentina, tiene excelentes propiedades físicas y mecánicas; sin embargo, en algunos casos se llega a presentar dolor postoperatorio, siendo limitados los estudios que manifiestan sus propiedades analgésicas, uno de los analgésicos de elección es el ketorolaco ya que es considerado una buena alternativa para el dolor pulpar.

**Objetivo:** Establecer si la incorporación de ketorolaco modifica las propiedades físicas y mecánicas de un cemento a base de silicato tricálcico purificado utilizado como material para recubrimiento pulpar directo.

**Material y métodos:** Se elaboraron 135 bloques a base de STP con medidas estandarizadas y se dividieron en 3 grupos equitativos modificados con ketorolaco al 3%, 5% y un grupo control; se analizaron sus propiedades mecánicas (microdureza, resistencia a la flexión y resistencia a la compresión) y a su vez el tiempo de fraguado.

**Resultados:** Se estimaron los valores medios y desviación estándar, los datos fueron sometidos a la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk y de ANOVA tomando el valor de  $p \leq 0.05$  estadísticamente significativo, se utilizó el programa estadístico SPSS 22.0 (SPSS Inc., Chicago, Ill, EE. UU.)

**Palabras clave:** Dolor, Pulpa, Ketorolaco, Silicato tricálcico, recubrimiento pulpar directo.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los órganos dentarios son considerados órganos vivos que presentan modificaciones a lo largo de toda su vida; algunas de sus estructuras son la pulpa y la dentina ambas forman el complejo dentinopulpar; la pulpitis es la inflamación del tejido pulpar ocasionada principalmente por caries, traumatismos, exposición pulpar e irritación química o mecánica; sin embargo, la gravedad de la inflamación aumenta a medida que el estímulo se vuelve constante, el recubrimiento pulpar directo representa un importante mecanismo para el mantenimiento de la vitalidad pulpar, se ha demostrado que la colocación de materiales bioactivos específicamente a base de silicato tricálcico purificado (STP) al ser aplicado como recubrimiento pulpar directo favorece la cicatrización, estimula la diferenciación a nivel celular, modula el proceso inflamatorio, cuenta excelentes propiedades físicas tales como alta resistencia a la compresión, microdureza, baja solubilidad y fácil manipulación.<sup>1-7</sup>

El dolor es una sensación provocada por un estímulo nocivo externo convirtiéndose en una señal de alarma de naturaleza protectora, por lo que es importante tomar en cuenta el manejo del dolor desde el punto de vista farmacológico siguiendo dos caminos, identificar la lesión que lo produce y el manejo sintomático; de acuerdo al uso de los fármacos que cuentan con un efecto analgésico el ketorolaco se une a proteínas plasmáticas en un 99% y está considerado parte de los medicamentos más utilizados en el mundo ya que proporciona una buena alternativa para el control del dolor de moderado a severo.<sup>8-12</sup>

El uso terapéutico de los fármacos con mecanismo de acción analgésica se ha posicionado firmemente en el campo de la Odontología administrados de manera oral o intramuscular, sin embargo, incorporados en los materiales dentales específicamente en los materiales biocerámicos los estudios que existen son limitados, por este motivo es importante conocer nuevas opciones para mejorar sus propiedades mecánicas y analgésica, en esta investigación se propone reforzar un cemento a base de STP sin intervenir en sus propiedades mecánicas

ya que sería innovador agregar, investigar y estudiar los efectos del ketorolaco debido a que ante una patología pulpar es vital tener un adecuado control del dolor de manera inmediata, al aplicar este cemento como recubrimiento pulpar directo el analgésico tendrá contacto con las células plasmáticas que se encuentran en la pulpa dental sin necesidad de esperar de 30 a 45 minutos o sufrir el efecto de primer paso de manera oral para su biotransformación, debido a que las primeras 24 horas son vitales para lograr éxito en el tratamiento en el paciente. Actualmente se han realizado modificaciones en ciertos materiales dentales para mejorar sus propiedades mecánicas, por lo tanto, el objetivo de la investigación es: establecer si la incorporación de ketorolaco modifica las propiedades mecánicas y tiempo de fraguado en un cemento a base de silicato tricálcico purificado utilizado como material para recubrimiento pulpar directo.

## 2. ANTECEDENTES

La pulpitis es el principal motivo de emergencia en la consulta odontológica, por esta razón es de vital importancia la aplicación de un recubrimiento pulpar directo ya que representa un mecanismo en el manejo de la vitalidad pulpar como se ha propuesto a lo largo de los años hasta la actualidad; en un estudio realizado en 1981 por *Baumé y Holz*,<sup>13</sup> analizaron la importancia de la inflamación pulpar preoperatoria y postoperatoria mediante la aplicación de un recubrimiento pulpar directo utilizando sustancias especiales con la finalidad de promover una cicatrización de la lesión y preservar la vitalidad de la pulpa.

Con la introducción en el mercado odontológico de diversos materiales bioactivos también llamados biocerámicos, son considerados como sustancias que al ponerse en contacto con los tejidos vivos provocan un efecto positivo induciendo una respuesta biológica; específicamente el cemento a base de STP cuenta con la función principal de favorecer la cicatrización del tejido pulpar; en el 2012 *Laurent et.al.*,<sup>14</sup> indicaron que existe una evidencia creciente sobre el papel de los factores de crecimiento, siendo el TGF-  $1\beta$  el más importante para las células pulpares; un año después *Kayahan et.al.*,<sup>15</sup> evaluaron su resistencia a la compresión concluyendo que los procedimientos de grabado ácido después de 7 días no redujeron su resistencia; por otro lado *Camilleri*,<sup>16</sup> realizó un estudio en el que comparó las propiedades mecánicas del cemento a base de STP (Biodentine) con un ionómero de vidrio convencional (Fuji IX) y un ionómero de vidrio modificado con resina (Vitrebond), mostró que el cemento a base de STP exhibía una mayor microdureza en comparación con los otros materiales, por último en el 2014 según estudios clínicos realizados por *Rodríguez et al.*,<sup>17</sup> demostraron que este cemento no es citotóxico, mutagénico e irritante y cuenta con actividad antibacteriana; aunque estos estudios son limitados y definitivamente se necesita realizar más investigaciones al respecto; son prometedores los resultados que puede ofrecer dicho cemento.

Al igual que los biocerámicos, los fármacos también han sido estudiados en odontología aplicados directamente sobre los órganos dentarios o modificados en diversos materiales dentales, *Abbott et.al. en 1988*,<sup>18</sup> demostraron que las tetraciclinas forman una fuerte unión sobre los tejidos duros dentales y exhiben una liberación y difusión lenta a través de la dentina durante 12 semanas a lo largo de la historia han sido aplicadas para la irrigación de los conductos radiculares.

Años después se ha estudiado la “*Ledermix*” la cual contiene un antibiótico-glucocorticosteroide que fue desarrollado en 1960. El interés principal se basó en el uso de corticosteroides para controlar el dolor y la inflamación asociados a enfermedades pulpares y periapicales agregando un componente antibiótico (demeclociclina-HCl al 3.2 %) para compensar una posible reducción de la pulpa inducida por los corticoides como respuesta inmune del huésped, estos componentes se podían difundir a través de los túbulos dentinarios hasta llegar a los tejidos periapicales.<sup>18</sup>

La endodoncia no instrumental, es utilizada actualmente como un nuevo enfoque biológico en el tratamiento de la necrosis pulpar, según un estudio realizado *Ramya Rai et.al. en 2019*,<sup>19</sup> una alternativa encontrada para el tratamiento en órganos dentarios deciduos es la aplicación de una mezcla de 3 antibióticos: ornidazol, ciprofloxacino y minociclina formando así la pasta 3Mix indicada para la desinfección radicular y revascularización pulpar, provocando una menor citotoxicidad capaz de reducir significativamente las bacterias aisladas de los dientes necróticos sin realizar instrumentación mecánica a nivel radicular evitando su agrandamiento; se realiza retirando el recubrimiento entérico de estos antibióticos y se pulveriza con la ayuda de un mortero de porcelana. Se mezcla la cantidad de cada fármaco (1:3:3) (una parte de ciprofloxacino, tres partes de ornidazol y tres partes de minociclina) y se mezcla con propilenglicol colocándose en el piso de la cámara pulpar cubriendo las entradas de los conductos radiculares; hasta la fecha los criterios han sido considerados exitosos en la

mayoría de los casos, los pacientes no presentaron dolor, abscesos periapicales o movilidad dental.<sup>20,21</sup>

El uso terapéutico de los antibióticos en los materiales dentales se ha posicionado firmemente en la odontología, sin embargo, en el caso de los analgésicos ha sido más complicado lograr incorporarlos; según la Academia Americana de Dolor Orofacial se denomina al dolor postoperatorio como el resultado de un acto quirúrgico que provoca la liberación de sustancias capaces de producir la activación de nociceptores siguiendo una trayectoria predecible en el transcurso de 24 a 72 horas desencadenando una sensación desagradable; actualmente a nivel mundial más de 30 millones de personas toman antiinflamatorios no esteroideos (AINES) de manera diaria, específicamente el ketorolaco fue introducido al mercado con su formulación en tabletas de 10 mg en mayo de 1997 por la Food and Drug Administration, dos años después se aprobó su administración parenteral y su uso ha incrementado rápidamente por sus buenas propiedades analgésicas, sin embargo, en un estudio realizado en el año 2018 se ha mencionado que aún no existe un tratamiento establecido para evitar el dolor que se desencadena en presencia de alguna patología pulpar .<sup>10,22,23</sup>

El objetivo de este proyecto de investigación fue establecer si la incorporación de ketorolaco modifica las propiedades mecánicas y tiempo de fraguado en un cemento a base de silicato tricálcico purificado utilizado como material para recubrimiento pulpar directo con la finalidad de brindar la posibilidad de tener un mejor control del dolor de manera inmediata sin necesidad de esperar de 30 a 45 minutos para su biotransformación de manera oral, debido a que las primeras 24 horas son vitales en el éxito de los tratamientos en los pacientes.

### **3. MARCO TEÓRICO**

#### **3.1 COMPLEJO DENTINOPULPAR**

La dentina y la pulpa son consideradas histológicamente como partes de un mismo tejido de origen mesodérmico, siendo la dentina el componente mineralizado y la pulpa el componente no mineralizado (tejido conjuntivo laxo), conformada por agua en un 75% y un 25% de materia orgánica constituida por componentes celulares, fibras, sustancia fundamental y una matriz extracelular.<sup>1,2,23,24</sup>

##### **3.1.2 ZONAS DE COMPLEJO DENTINOPULPAR**

En el complejo dentinopulpar podemos distinguir 6 zonas descritas las cuales son:

1. Dentina
2. Predentina
3. Capa de odontoblastos
4. Zona acelular, Zona o capa basal de Weil
5. Zona rica en células
6. Zona central de la pulpa.<sup>1,2</sup>

##### **3.1.3 CAPA DE ODONTOBLASTOS**

Los odontoblastos forman una capa en la zona periférica de la pulpa integrada por cuerpos celulares, capilares, fibras nerviosas y células dendríticas, entre estos se observan pequeños espacios intercelulares de 30-40nanometros (nm) de ancho, sus uniones comunicantes están formadas por conexinas, desmosomas y uniones herméticas; los odontoblastos tienen mayor tamaño en la corona que en la raíz de aproximadamente 35 micras ( $\mu$ ), esta célula estrecha su diámetro en la zona donde emite su prolongación citoplasmática; actualmente se considera que el proceso odontoblastico podría ocupar toda la longitud del túbulo dentinario y durante la preparación cavitaria estas uniones se rompen aumentando como consecuencia la permeabilidad de la dentina.<sup>1,2</sup>

### **3.1.4 ZONA ACELULAR**

Está conformada por capilares, fibras nerviosas amielínicas y prolongaciones citoplasmáticas de los fibroblastos, se encuentra por debajo de la capa de odontoblastos.<sup>2</sup>

### **3.1.5 ZONA RICA EN CELULAS**

Contiene una alta concentración de fibroblastos en comparación con la parte más central de la pulpa, incluye un número variable de inmunocitos, células dendríticas y células madre mesenquimatosas indiferenciadas.<sup>2</sup>

### **3.1.6 ZONA CENTRAL DE LA PULPA**

Integrada por tejido conjuntivo laxo contiene vasos sanguíneos y nervios de mayor calibre, predominan los fibroblastos en esta zona.<sup>2</sup>

## **3.2 CÉLULAS DE LA PULPA DENTAL**

Las células que se encuentran en la pulpa dental son:

- Odontoblastos
- Fibroblastos
- Células mesenquimáticas indiferenciadas
- Macrófagos
- Células dendríticas
- Linfocitos
- Mastocitos
- Fibras de la pulpa dental.<sup>1,2</sup>

### **3.2.1 ODONTOBLASTOS**

Son considerados el tipo celular más especializado del complejo dentinopulpar debido a que durante la dentinogenia forman la dentina y deja tras de sí una

prolongación celular para formar los túbulos dentinarios haciendo a la dentina un tejido vivo y sensible.<sup>2</sup>

### **3.2.2 FRIBROBLASTOS PULPARES**

Son las células más abundantes en la pulpa, su principal función es mantener la matriz formada por fibras y sustancia fundamental constituyen una parte activa en las vías de señalización de la pulpa dental y son los responsables de la síntesis, recambio y la degradación del colágeno.<sup>1,2</sup>

### **3.2.3 CÉLULAS MESENQUIMÁTICAS INDIFERENCIADAS**

Células capaces de originar odontoblastos, fibroblastos y macrófagos, se localizan en el área celular o central de la pulpa y están relacionadas con los vasos sanguíneos.<sup>1</sup>

### **3.2.4 MACRÓFAGOS**

Se pueden observar en la zona central de la pulpa, participan en reacciones inmunitaria, presentan a los linfocitos T de memoria, capaces de producir Interleucina-1, Factor de Necrosis Tumoral, Factores de Crecimiento y Citocinas.<sup>1,2</sup>

### **3.2.5 CÉLULAS DENDRÍTICAS**

Participan en el proceso de iniciación de la respuesta inmunológica primaria; son células presentadoras de antígeno, se localizan en su mayor parte en la periferia de la corona cerca de la predentina, pero migran hacia el centro de la pulpa después de un estímulo antigénico. (Inmunidad inespecífica).<sup>1,2</sup>

### **3.2.6 LINFOCITOS**

Son células de defensa productoras de anticuerpos que participan en la inmunidad celular, como los linfocitos TCD8 predominantes en la pulpa, mientras los linfocitos B son muy escasos en una pulpa normal. (Inmunidad específica).<sup>2</sup>

### 3.2.7 FIBRAS DE LA PULPA DENTAL

La red de fibras de colágeno actúa como soporte para la pulpa dental (tipo I y III); el colágeno de tipo I es sintetizado por los osteoblastos y odontoblastos; los fibroblastos sintetizan colágeno de tipo I, III, V, VII.<sup>1,2</sup>

### 3.2.8 TIPOS DE FIBRAS DE LA PULPA DENTAL

- Fibras Colágenas: Representan el 60% de las fibras y su diámetro va en incremento con la edad.
- Fibras Reticulares: Formadas por colágeno tipo III formando parte del plexo de Von Korff.
- Fibras Elásticas: Son las más escasas presentes en el tejido pulpar, la elastina es su componente principal.<sup>1,2</sup>

### 3.2.9 SUSTANCIA FUNDAMENTAL

Conformada principalmente por proteoglicanos y agua, su principal función es recibir los nutrientes de la sangre y eliminar los productos de desechos a través de la circulación eferente.<sup>24,25</sup>

### 3.2.10 IRRIGACIÓN

Las arteriolas penetran en la pulpa por el foramen apical y en el centro forman un amplio plexo formando el "Plexo capilar subdentinoblástico", las vénulas acompañan a los capilares; también contiene vasos linfáticos que se inician en el centro de la pulpa y salen por el foramen apical.<sup>23</sup>

### 3.2.11 INERVACIÓN

Contiene fibras amielínicas (Fibras C) que pertenecen a las ramas del ganglio cervical superior, de origen simpático, son responsables del control del flujo vascular y se encuentran en la zona más profunda de la pulpa dental, están asociadas a dolor tisular y son capaces de funcionar en presencia de hipoxia; también presenta fibras mielínicas (Fibras A), las dos más presentes en la pulpa son las A- $\beta$ , descritas como las responsables de la transmisión del dolor y las fibras A- $\delta$ , presentes en el centro de la pulpa, conformando el plexo subdentínoblástico de Raschkow, forman parte de las ramificaciones que se encuentran en el interior de los túbulos dentinarios y perciben los movimientos del líquido dentinario.<sup>2, 23</sup>

### 3.2.12 TIPOS DE FIBRAS NERVIOSAS

Los tipos de fibras nerviosas se pueden observar en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Tipos de fibras nerviosas. Hargraves M. Kenneth, Berman H. Louis Cohen. Vías de la Pulpa. Undécima edición. Los Ángeles California: EL SEVIER;2016

<b>Tipo de fibra</b>	<b>Función</b>	<b>Velocidad de conducción m/s</b>
<b>A<math>\alpha</math></b>	Motora y propiocepción	70-120
<b>A<math>\beta</math></b>	Presión y tacto	30-70
<b>A<math>\gamma</math></b>	Motora de huesos musculares	15-30
<b>A<math>\delta</math></b>	Dolor, temperatura, tacto	6-30
<b>Raíz dorsal C</b>	Dolor	0.5-2

### 3.2.13 CARACTERÍSTICAS DE LAS FIBRAS SENSITIVAS

Las características de las fibras sensitivas se pueden observar en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Características de las fibras sensitivas. Hargraves M. Kenneth, Berman H. Louis Cohen. Vías de la Pulpa. Undécima edición. Los Ángeles California: EL SEVIER;2016

<b>Fibra</b>	<b>Mielinización</b>	<b>Localización de las terminaciones</b>	<b>Características del dolor</b>	<b>Umbral de estimulación</b>
<b>A<math>\delta</math></b>	Si	Unión pulpodentinaria	Agudo, punzante	Relativamente bajo
<b>Raíz dorsal C</b>	No	Distribuidas por la pulpa	Sordo, menos soportable que el inducido por las fibras A $\delta$	Relativamente alto, asociados a lesión tisular

### 3.2.14 CÁMARA PULPAR

La cámara pulpar representa un espacio dentro de los órganos dentarios, su localización es en la porción coronaria y se encuentra cubierta por la dentina.<sup>23</sup>

### 3.3 FISIOLÓGÍA DEL COMPLEJO DENTINOPULPAR

El complejo dentinopulpar actúa como soporte en la actividad masticatoria normal y como mecanismo de defensa cuando la dentina es afectada por una agresión; del mismo modo los odontoblastos también emplean un mecanismo de defensa retrayendo sus prolongaciones citoplasmáticas.<sup>23,26</sup>

### 3.3.1 FUNCIONES DEL COMPLEJO DENTINOPULPAR

El complejo dentinopulpar va a cumplir 5 funciones específicamente, las cuales son:

- **Función inductora**
- **Función formativa:** Formar dentina a través de los odontoblastos.<sup>2,11</sup>
- **Función nutritiva:** Por medio de las prolongaciones odontoblásticas y de los metabolitos que circulan en el líquido dentinario.<sup>23,24,27</sup>
- **Función defensiva o reparadora o de protección:** Puede tener dos líneas de defensa que son la formación de dentina peritubular y la formación de dentina terciaria.<sup>23,24</sup>
- **Función sensitiva:** Mediante los nervios sensitivos responde ante diferentes estímulos.<sup>23,24</sup>

### 3.3.2 NEUROPEPTIDOS

Están presentes en la inflamación y transmisión de la sensación dolorosa como la sustancia P, neuropéptido Y (de efectos vasoconstrictores), neurocinina A y polipéptido intestinal vasoactivo. La sustancia P y la neurocinina A se distribuyen por medio de las Fibras C al ser excitadas dan lugar a cambios vasculares como es la vasodilatación. <sup>2,27-29</sup>

### 3.4 SENSIBILIDAD DENTINARIA

Una de las características que presenta el complejo dentinopulpar es la sensibilidad que se detona en presencia de ciertos estímulos que pueden ser térmicos, mecánicos o químicos.<sup>30</sup>

Varias teorías han tratado de explicar la sensibilidad en la dentina, sin embargo, la más aceptada actualmente es la teoría hidrodinámica.

- **Teoría neural:** Sostenía que las ramificaciones de los nervios a nivel pulpar se localizaban específicamente en la unión amelodentinaria desencadenando dolor; sin embargo, esta teoría no tuvo sustento.<sup>30,31</sup>

- **Teoría del receptor dentinario:** La excitación de las prolongaciones odontoblásticas mediante uniones sinápticas en la dentina desencadenaba cambios en el potencial de membrana de los odontoblastos generando dolor. Esta teoría tampoco logró ser demostrada.<sup>30,31</sup>
- **Teoría hidrodinámica: Brännström (1966):** El líquido dentinario tiene la capacidad de contraerse o expandirse en respuesta a un estímulo provocando un movimiento dentro de los túbulos dentinarios excitando a los mecanorreceptores y nervios pulpares, conduciendo los impulsos nerviosos a las fibras de la pulpa.<sup>26</sup>

### **3.5 RESPUESTA DEL COMPLEJO DENTINOPULPAR ANTE LOS DIFERENTES TIPOS DE IRRITANTES.**

Los irritantes del complejo dentinopulpar que pueden producir inflamación se pueden clasificar en: físicos, químicos y bacterianos.

- **Irritantes físicos:** Calor friccional, desecación de la dentina, contracción en la polimerización del material restaurador, trauma inducido por una sobrecarga oclusal.
- **Irritantes químicos:** Antisépticos, desensibilizadores cavitarios, materiales de restauración dental.
- **Irritantes bacterianos:** Caries dental y microfiltración marginal.<sup>26</sup>

La inflamación pulpar (pulpitis) es descrita como la respuesta del tejido vivo vascularizado a una lesión provocada por alguna agresión. El proceso inflamatorio que se desencadena presenta los siguientes objetivos:

1. Destruir el agente irritante que se presenta en la zona de la agresión.
2. Neutralizar al agente irritante
3. Generar las condiciones necesarias para la cicatrización del tejido.<sup>27,32,33</sup>

Las consecuencias de los dos primeros objetivos están acompañadas por los signos clínicos descritos de la inflamación aguda como son: el calor, rubor, tumor, dolor y pérdida de la función; sin embargo, la inflamación y la reparación (cicatrización) son fenómenos interdependientes.

### **3.6 RESPUESTA DE LA PULPA ANTE LA CARIES DENTAL**

La presencia de caries manifiesta uno de los principales factores irritantes a nivel pulpar que si no es tratada a tiempo desencadena la causa más común de pulpitis sintomática, los productos del metabolismo bacteriano y las enzimas proteolíticas ocasionan una destrucción progresiva del esmalte y dentina, generando una difusión de sustancias tóxicas como es el lipopolisacárido (LPS) capsular generado por las bacterias gramnegativas o el ácido lipoteicoico (LTA) por las bacterias grampositivas a través de los túbulos dentinarios desencadenando la inflamación <sup>2,23,33-38</sup>.

Existen 3 reacciones básicas que llegan a proteger a la pulpa frente a la caries dental las cuales son:

1. Un descenso en la permeabilidad de la dentina
2. La formación de dentina terciaria
3. Las reacciones inflamatorias e inmunológicas

La respuesta inflamatoria de la caries está regulada en un estado inicial por los odontoblastos y posteriormente por las células dendríticas, los odontoblastos son los primeros en encontrarse con los antígenos extraños y desencadenar la respuesta inmunitaria innata; la detección de patógenos se consigue en general a través de receptores específicos de patrones (PRR), estos receptores reconocen patrones moleculares asociados a patógenos (PMAP) en microorganismos invasores y desencadenan una respuesta de defensa por el huésped, una clase de moléculas de reconocimiento PMAP es la familia de los receptores tipo "Toll" (TLR) y se ha observado que los odontoblastos tienen una expresión aumentada de ciertos TLR en respuesta a productos bacterianos, una vez estimulando el TLR del odontoblasto por un patógeno, el odontoblasto sintetiza citocinas

proinflamatorias, quimiocinas y péptidos antimicrobianos dando lugar al reclutamiento y a la estimulación de células inmunitarias además de la destrucción directa de bacterias; los odontoblastos no estimulados expresan genes como lo son CC12, CXCL12 Y CXCL14 estos codifican factores quimiotácticos para células dendríticas inmaduras, también producen CCL26 un antagonista natural de CCR1, CCR2, CCR5 que con quimiocinas normalmente producidas por monocitos y células dendríticas, de igual manera también se ha comprobado que los odontoblastos además de desencadenar altos niveles de quimiocinas como se mencionó previamente también establecen niveles altos de interleucinas como la IL-8, IL-1, IL-6 , que inducen un aumento focal en el número de células dendríticas; posteriormente se presentan los linfocitos, macrófagos y células plasmáticas. Los odontoblastos también juegan un papel importante en la inmunidad humoral se ha detectado IgG, IgM, IgA en su citoplasma y su proceso celular lo que sugiere que estas células transportan activamente los anticuerpos a la zona de la lesión; en una lesión incipiente de caries, los anticuerpos se acumulan en la capa odontoblastica y con el avance de la lesión se puede observar sobre los túbulos dentinarios.<sup>2,23</sup>

### **3.7 EFECTOS DEL TRATAMIENTO RESTAURADOR SOBRE LA PULPA**

Uno de los factores clave en el éxito de un tratamiento restaurador es provocar mínima irritación en la pulpa, cuando se mantiene la vitalidad pulpar se debería considerar como diagnostico provisional de pulpitis reversible más que de pulpitis irreversible.<sup>2</sup>

### **3.8 ENFERMEDAD PULPAR**

La pulpitis es la inflamación de la pulpa, su diagnóstico clínico se basa principalmente en una valoración conjunta del de la inflamación, tales como la sintomatología y observación de los signos clínicos asociados, Se clasifica en irreversible/reversible y sintomática/asintomática, la primera clasificación se basa específicamente en el plan terapéutico del estadio clínico, y la segunda en las características clínicas de la patología pulpar.<sup>2,23</sup>

**3.8.1 PULPITIS REVERSIBLE:** Es la primera respuesta inflamatoria pulpar con capacidad reparativa, diagnosticada y tratada mediante técnicas conservadoras ya que resuelve fácilmente los síntomas de dolor agudo.<sup>2,23</sup>

- **Patogenia:** Caries poco profundas, exposición de túbulos dentinarios, tallados protésicos, defectos en el protocolo adhesivo y bacterias.<sup>23</sup>
- **Clínica:** Se expresa mediante 2 formas clínicas: asintomática y sintomática; aunque casi todas ellas son asintomáticas se llegan a manifestar algunos síntomas generados por ciertos estímulos como es el frío, calor y dulce, desencadenando dolor intenso de poca duración que cede al eliminar dicho estímulo.<sup>24</sup>
- **Diagnóstico:** Pruebas de vitalidad pulpar en donde la respuesta se manifiesta aumentada y cede al eliminar el estímulo.<sup>25</sup>
- **Tratamiento:** Eliminación de la caries, desinfección de la cavidad (clorhexidina al 2% durante 30 segundos) y restauración definitiva.<sup>24</sup>
- **Pronóstico:** Favorable para la pulpa dental.<sup>23</sup>

### 3.8.2 PULPITIS IRREVERSIBLE

Es la inflamación de la pulpa que no cuenta con la capacidad de recuperarse, a pesar de que eliminen todo tipo de estímulos externos que desencadenaron la inflamación, existen 2 formas clínicas que son: sintomática y asintomática.<sup>23</sup>

### 3.8.3 PULPITIS IRREVERSIBLE SINTOMÁTICA

Es la respuesta inflamatoria aguda de la pulpa ocasionada por una persistencia de las bacterias dentro cavidad pulpar; expresándose mediante 2 formas clínicas: de predominio seroso, con o sin afectación periapical, y de predominio purulento.<sup>23</sup>

- **Patogenia:** Se expresa como consecuencia de una pulpitis reversible que no fue tratada a tiempo y se expresa mediante lesiones de caries profunda, desencadenando una colonización microbiana del tejido conectivo agravando la inflamación, provocando una disminución en las proteínas plasmáticas, marginación de leucocitos, quimiotaxis, cambios en el gradiente de presión

osmótica, edema intersticial generando un aumento de la presión intrapulpar (5mmHg pulpa normal y 16mmHg pulpa inflamada) que al comprimir dichas fibras nerviosas manifiesta un dolor intenso, espontáneo y provocado.<sup>23</sup>

- **Clínica y diagnóstico:** La pulpitis irreversible sintomática con predominio seroso se caracteriza por la presencia de dolor intenso, espontáneo, continuo e irradiado que va en incremento por las noches, los estímulos térmicos y eléctricos intensifican el dolor y este se mantiene al ser eliminado durante un periodo de tiempo prolongado; las bacterias presentes pueden invadir el espacio periodontal provocando dolor a la percusión y ensanchamiento del ligamento periodontal y si estas son de predominio anaerobio pueden manifestarse clínicamente en un absceso a nivel apical. El diagnóstico diferencial de la pulpitis irreversible sintomática en su forma purulenta es el carácter pulsátil del dolor aliviándose de manera momentánea con la aplicación de frío.<sup>23</sup>
- **Tratamiento médico.** La disminución del pH hístico de la zona inflamada dificulta lograr una adecuada analgesia que pueda ayudar a llevar a cabo el tratamiento de manera urgente, por esta razón lo más indicado es la prescripción de antibióticos complementando el esquema con antiinflamatorios no esteroideos.<sup>24</sup>
- **Tratamiento clínico:** Es recomendable remover la mayor porción de caries y la eliminación del irritante externo.<sup>23</sup>
- **Pronóstico:** Favorable para el órgano dentario, sin embargo, puede evolucionar a necrosis pulpar.<sup>23</sup>

### **3.8.4 PULPITIS IRREVERSIBLE ASINTOMÁTICA**

La pulpitis irreversible asintomática se manifiesta como la inflamación de la pulpa sin capacidad de recuperarse, con ausencia de sintomatología, ya que los elementos celulares de defensa a nivel pulpar son capaces de neutralizar la agresión bacteriana.<sup>23</sup>

- **Patogenia:** Se pueden observar amplias comunicaciones generadas en la pulpa producidas por la caries, manifestándose una salida espontánea del

exudado, disminuyendo la posibilidad de que se pueda manifestar un edema intrapulpar descartando la posibilidad de generar dolor.<sup>24</sup>

- **Clínica:** La cavidad pulpar puede presentar comunicación con el exterior a través de los túbulos dentinarios.<sup>24</sup>
- **Clínica y diagnóstico:** El dolor es siempre provocado (por alimentos) y nunca espontáneo.<sup>24</sup>
- **Tratamiento:** Tratamiento de conductos.<sup>23</sup>

### 3.9 HERIDA PULPAR

Son el conjunto de métodos que el odontólogo realiza cuando se enfrenta a una exposición de la pulpa dental para así lograr proteger a la pulpa de manera directa, debido a que se pueden presentar dos posibilidades etiológicas:

1. Exposición traumática de la misma.
2. Exposición accidental durante la preparación cavitaria por caries dental.<sup>23</sup>

### 3.10 RECUBRIMIENTO PULPAR

Existen dos tipos de recubrimientos, estos son:

1. **Recubrimiento Pulpar Indirecto:** Es un tratamiento clínico específico que se realiza cuando las lesiones de caries que se presentan en la pulpa manifiestan un estado reversible, sin presentar exposición pulpar visible.<sup>39,40</sup>
2. **Recubrimiento Pulpar Directo:** Es el procedimiento el cual se realiza cuando la pulpa dental es expuesta de manera accidental durante la preparación de la cavidad o por una fractura, siendo recubierta con un material protector de injurias que de la misma manera estimule la formación de dentina.<sup>39,40</sup>

### 3.11 TÉCNICA DE PROTECCIÓN PULPAR DIRECTA

El odontólogo debe tener control de una serie de pasos para el adecuado manejo de la protección pulpar directa, los cuales son:

1. **Desinfección de la herida:** Cuanto más rápidamente se utilice un antiséptico, menores posibilidades de infección habrá; los desinfectantes de elección son la clorhexidina del 2% al 5%, o bien el hipoclorito sódico al 2.5%.<sup>23</sup>
2. **Hemostasia de la herida:** Los antisépticos utilizados suelen cohibir la hemorragia de la pulpa expuesta de buen pronóstico.<sup>23</sup>
3. **Colocación del apósito pulpar:** Para tener una adecuada cicatrización y que exista la posibilidad de la formación de un puente de dentina eficaz es necesario el reposo biológico de la herida y el aislamiento del exterior.<sup>23</sup>

### **3.12 MATERIALES UTILIZADOS PARA EL RECUBRIMIENTO PULPAR DIRECTO**

#### **3.12.1 HIDRÓXIDO DE CALCIO**

El cemento a base de hidróxido de calcio [ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ], es utilizado desde 1920, debido cuenta con la capacidad para favorecer la formación de dentina, su alto nivel de biocompatibilidad, protección pulpar que genera contra estímulos térmicos y eléctricos, sus propiedades antibacterianas, su capacidad formar tejido mineralizado ligado a su pH alcalino.<sup>2,39,40</sup>

#### **3.12.2 CEMENTO DE IONÓMERO DE VIDRIO**

El polvo del cemento de ionómero de vidrio es formado por la fusión de sus componentes principales de sílice ( $\text{SiO}_2$ ), alúmina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) y fluoruro de calcio ( $\text{CaF}_2$ ), fueron desarrollados por *Wilson y Kent* y su mecanismo de acción es a través del intercambio iónico con la estructura dentaria que se obtiene a partir del ácido polialquenoico y la liberación de fluoruro, para mejorar la remineralización. Sin embargo, su uso no demostró una correspondiente compatibilidad ni formación significativa de puentes reparadores.<sup>39,40,41</sup>

### **3.12.3 AGREGADO DE TRIÓXIDO MINERAL**

El agregado de trióxido mineral (MTA), fue desarrollado por primera vez en 1993; su composición es a partir de partículas hidrofílicas que van a fraguar en presencia de humedad, su hidratación provoca un gel coloidal que forma una estructura dura y durante el proceso de fraguado la liberación gradual de iones de calcio estimula la formación de una barrera reparadora formada por el factor de crecimiento endotelial (VGEF), factor estimulante de colonias de macrófagos (MCSF) e interleucinas, mostrando mayor adaptación marginal a la dentina; anteriormente fue utilizado como material para recubrimiento pulpar directo en pulpotomías, perforaciones radiculares y furca.<sup>2,39</sup>

### **3.12.4 SILICATO TRICÁLCICO PURIFICADO (STP)**

Este nuevo cemento actualmente es reconocido por su biocompatibilidad, además de ser inductor de tejido mineralizado, actualmente ofrece más beneficios que el cemento a base de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  superando sus desventajas tales como la falta de unión a la dentina, alta solubilidad y microfiltración.<sup>2,41, 42,43</sup>

### **3.12.5 CEMENTO A BASE DE STP APLICADO COMO RECUBRIMIENTO PULPAR DIRECTO**

El cemento Biodentine a base de STP (Septodont Saint Maur de Fossés, France) es de los nuevos materiales actualmente estudiados, uno de sus objetivos principales han sido es acortar el tiempo de fraguado y mejorar su resistencia mecánica ya que es utilizado principalmente como sustituto de la dentina, su aplicación favorece la cicatrización del tejido pulpar, aumentando la proliferación, migración y la adhesión de las células pulpares, es biocompatible; además en comparación con otros materiales presenta múltiples ventajas como: alta resistencia a la compresión, excelente sellado marginal, cuenta con propiedades mecánicas similares a la dentina pudiéndola reemplazar, alta dureza y baja solubilidad y mantiene una buena conducta ante la presencia de diferentes irrigantes como la clorhexidina y el hipoclorito.<sup>5,39</sup>

### 3.12.6 COMPOSICIÓN DEL CEMENTO A BASE DE STP

Los silicatos de calcio están conformados por diversos componentes como se observa en la Tabla 3.<sup>44</sup>

**Tabla 3.** Componentes del silicato tricálcico purificado. Cedrés Cecilia, Laborde Jose Carlos, Giani Andrea. Una nueva alternativa Biocompatible: Biodentine. Actas Odontológicas. 2014;1(11):11-16

Polvo	Vehículo
Silicato tricálcico (3CaO-SiO <sub>2</sub> )	Cloruro de calcio dihidratado (CaCl <sub>2</sub> .2H <sub>2</sub> O)
Carbonato de calcio (CaCO <sub>3</sub> )	Polímero hidrosoluble
Dióxido de zirconio (ZrO <sub>2</sub> )	H <sub>2</sub> O

Su presentación comercial es en cápsulas, dichas capsulas contienen el polvo del cemento mientras que el líquido se encuentra en ampolletas a base de componentes que cumplen una función específica.

#### Composición del polvo:

- **Silicato tricálcico:** Componente principal del polvo que regula la reacción de fraguado.
- **Carbonato de calcio:** Relleno.
- **Dióxido de zirconio:** Componente que regula la radiopacidad del cemento.<sup>4</sup>

#### Composición del líquido:

- **Cloruro de calcio:** Acelerador.
- **Polímero hidrosoluble:** Reduce la viscosidad del cemento
- **Agua.**<sup>43</sup>

### **3.12.7 REACCIÓN Y TIEMPO DE FRAGUADO DEL CEMENTO A BASE DE STP**

Este cemento cristaliza cuando es mezclado con el líquido, el proceso de fraguado se manifiesta por una reacción de hidratación del silicato tricálcico, que produce un gel de silicato de calcio hidratado e hidróxido de calcio; cuenta con un tiempo de fraguado inicial superior a los 6 minutos y un tiempo de fraguado final entre 10 a 12 minutos.<sup>44</sup>

### **3.12.8 PRESENTACIÓN COMERCIAL Y MANIPULACIÓN DEL STP**

Es en cajas que contienen 15 cápsulas de polvo y 15 pipetas con el líquido.

**Su manipulación es la siguiente:**

- Tomar una cápsula y golpearla para asentar el polvo.
- Abrir la cápsula y colocarla en el soporte blanco para evitar que el polvo se caiga.
- Girar la punta de la pipeta para abrirla.
- Verter 5 gotas en la cápsula.
- Cerrar la cápsula nuevamente y colocarla en el amalgamador a una velocidad de 4000 a 4200 oscilaciones por minuto.
- Mezclar durante 30 segundos.
- Abrir la cápsula y comprobar su consistencia. Si se desea una consistencia más espesa esperar 3 segundos más.
- Tomar el material con una espátula o con el porta amalgamas.
- Es recomendable llenar completamente la cavidad en un primer paso para reducir la base en una segunda consulta para así después de una semana colocar la restauración definitiva.<sup>44</sup>

### 3.13 DOLOR

El dolor según la Asociación Internacional para el Estudio del Dolor (IASP) es definido como una experiencia sensorial desagradable asociada por una lesión presente o potencial.<sup>9</sup>

El dolor referido es conocido como la sensación en una parte del cuerpo situada a distancia de la fuente de dolor real, el dolor dental referido desde los órganos dentarios suele provocarse mediante la estimulación intensa de las Fibras C pulpares que cuando son estimuladas ocasionan dolor intenso, lento y sordo.<sup>2</sup>

El dolor se clasifica en 2:

1. **Somático:** Localizado y puede ser en huesos, piel, músculo, articulaciones, o tejido conectivo, tiene una ubicación en específico.<sup>9</sup>
2. **Visceral:** En órganos internos como intestino, útero y páncreas, puede ser localizado provenir de otras estructuras del organismo.<sup>9</sup>

La nocicepción del dolor conta de 4 etapas las cuales son:

1. **Transducción:** Los nociceptores o receptores del dolor liberan bradicinina, potasio, prostaglandinas, histamina, leucotrienos, serotonina y sustancia P como respuesta a los estímulos químicos, térmicos o mecánicos, activando a estos receptores a lo largo de las fibras nerviosas aferentes hacia la medula espinal.<sup>7</sup>
2. **Transmisión:** Se lleva a cabo en las fibras nerviosas aferentes A $\delta$  y C. Las Fibras A $\delta$  se caracterizan por su transmisión rápida y por especializarse en el dolor localizado y las Fibras C son de transmisión lenta, desencadenan el dolor sordo, de pobre localización provocando la liberación de neurotransmisores como la sustancia P, glutamato y calcitonina.<sup>7</sup>
3. **Percepción:** La experiencia dolorosa se hace consciente en las estructuras corticales.<sup>7</sup>

4. **Modulación:** Se manifiesta en el sistema endógeno opioide que está conformado por el sistema nervioso central controlando la actividad de otros sistemas de neurotransmisión.<sup>7</sup>

### 3.14 INFLAMACIÓN

La inflamación es descrita como la respuesta natural protectora del tejido vivo vascularizado a la lesión y presenta dos fases bien diferenciadas las cuales se describen como:

1. **Inflamación aguda:** Comienzo temprano (de segundos a minutos), duración corta (de minutos a días) con presencia de edema y migración de células polimorfonucleares (neutrófilos).<sup>33,45</sup>
2. **Inflamación crónica:** Comienzo tardío (días) y con duración mayor (semanas o meses) con linfocitos, macrófagos, proliferación de vasos sanguíneos y fibrosis (cicatrización).<sup>33,45</sup>

### 3.15 INFLAMACIÓN AGUDA

La inflamación aguda representa una respuesta natural protectora que pretende eliminar del organismo la causa inicial de la lesión que se manifiesta a nivel celular y las consecuencias que lo provoca.<sup>23</sup>

### 3.16 INFLAMACIÓN PULPAR

El tejido pulpar se encuentra rodeado por paredes rígidas de dentina determinando su capacidad limitada de expansión en presencia de edema generado por la inflamación impidiendo su revascularización, si los irritantes llegan a la pulpa y se manifiestan con escasa intensidad se llega a estimular la formación de dentina, en cambio si la agresión pulpar tiene mayor intensidad hay destrucción de esos, sin embargo, si no se efectúa un tratamiento la inflamación se extiende.<sup>23</sup>

La respuesta temprana de la caries se caracteriza en un proceso inicial por los odontoblastos y células dendríticas, la detección de microorganismos patógenos es a través de los receptores de reconocimiento de patrones (PPR), estos

receptores reconocen patrones moleculares patógenos (PAMP) y desencadenan una defensa del huésped, una clase de moléculas de reconocimiento de estos receptores son los receptores de tipo *Toll* (TLR) representando una familia de glucoproteínas que forman parte del sistema inmunitario innato, los TLR tienen una estructura similar al receptor de la IL-1, con un dominio extracelular y otro intracelular, induciendo la producción de IL-1, IL-6, IL-8, TNF- $\alpha$  e IL-12, una vez estimulado el TLR del odontoblasto por un patógeno este sintetiza citocinas proinflamatorias, quimiocinas y péptidos antimicrobianos dando lugar al reclutamiento de células inmunitarias además de la destrucción directa de bacterias. La IL-8 expresa genes de quimiocinas (CCL2, CCL26, CXCL4, CXCL12, CXCL14) y genes de receptores de quimiocinas (CXCR2, CCRL1, CCRL2), las quimiocinas son proteínas que tienen la capacidad de inducir la quimiotaxis. La llegada de los residuos y bacterias a través de los túbulos dentinarios produce cambios a nivel pulpar, provocando una vasoconstricción, liberación de catecolaminas, dilatación vascular incrementando el flujo sanguíneo, los capilares se vuelven permeables permitiendo un trasudado hacia el tejido intersticial, la salida de proteínas sanguíneas hacia el tejido aumenta la presión osmótica incrementando la salida de plasma y su acumulación forma el edema, provocando una inflamación serosa; de manera simultánea se produce una marginación de los leucocitos polimorfonucleares hacia la periferia de los vasos sanguíneos, adhiriéndose a las células endoteliales y migrando hacia el tejido (diapédesis) por la presencia del sistema de complemento (C5a y C3a).<sup>2,23</sup>

### **3.17 ANALGÉSICOS NO ESTEROIDEOS UTILIZADOS EN ODONTOLOGÍA**

Uno de los fármacos más utilizados a nivel mundial para el manejo del dolor de leve a moderado son los antiinflamatorios no esteroideos (AINEs), en odontología actualmente son utilizados como una buena alternativa para el dolor pulpar y periodontal, desórdenes de la articulación temporomandibular y dolor postoperatorio leve a moderado.<sup>10</sup>

### 3.18 MECANISMO DE ACCIÓN

Los AINES actúan sobre el metabolismo del Ácido Araquidónico (AA), generado por una lesión tisular, bloqueando a la enzima Ciclooxigenasa (COX) formando dos isoformas diferentes (COX-1 y COX-2) responsables de sintetizar prostaglandinas (PG). Los tejidos en los que cada isoforma se expresa son diferentes:

1. COX-1: Células parietales, cardíacas, renales y epiteliales, tiene como finalidad sintetizar PG en la mucosa gástrica, homeostasis electrolítica y ser facilitadoras de agregación plaquetaria.
2. COX-2: Enzima constitutiva en menor cantidad, inducida en los procesos inflamatorios, sintetiza prostaglandinas<sup>10</sup>

### 3.19 CLASIFICACIÓN DE LOS AINES

Los AINES se clasifican de acuerdo con sus grupos farmacológicos (Tabla 4).<sup>45</sup>

**Tabla 4.** Clasificación de los AINES de acuerdo con sus grupos farmacológicos. Prieto Setién, Juan Manuel. Antiinflamatorios No Esteroideos (AINES). ¿Dónde estamos y hacia dónde nos dirigimos? Revisión bibliográfica *Primera Parte*). Cient Dent 2007;4; 3:203-212.

<b>Salicilatos</b>	Derivados del Ácido N-Arilantranílico Derivados del Ácido Arilpropiónico Oxicams	
<b>Ácido Acetil Salicílico</b>	Acetilsalicilato de Lisina Trisalicilato magnésico de Colina Diflunisal Fosfosal Salsalato	
<b>Derivados de Arilpropiónicos</b>	Butibufeno Dexibuprofeno Dexketoprofeno Fenbufeno Flurbiprofeno Ibuprofeno Ibuproxam (tópico) Ketoprofeno Ketorolaco	Naproxeno Piketoprofeno (tópico) Mabuprofeno Pranoprofeno Lornoxicam Meloxicam Piroxicam Tenoxicam
<b>Derivados del Ácido Acético</b>	Arilacético Aceclofenaco Diclofenaco Sulindaco Fentiazaco Indolacético Acemetacina	Indometacina Proglumetacina Pirrolacético Ketorolaco Tolmetin Piranoacético Etodolaco
<b>Derivados del Ácido Nicotínico</b>	Ácido Niflúmico Isonixina Morniflumato Clonixinato de Lisina Paracetamol Propacetamol (V/parenteral)	
<b>Pirazolonas</b>	Metamizol magnésico Propifenazona Fenilbutazona Feprazona Oxipizona Azapropazona	
<b>Inhibidores selectivos COX-2</b>	Celecoxib Rofecoxib Valdecoxib Etoricoxib.	

### 3.2 KETOROLACO

Este analgésico es derivado de arilpropiónicos, en su estructura comparte las siguientes características estructurales:

1. Un ácido carboxílico que se une al sitio de acción
2. Grupo fenilo
3. Un grupo nitrogenado que proporciona estabilidad al unirse a la ciclooxigenasa (COX).<sup>10</sup>

El ketorolaco inhibe con mayor potencia a la COX-1 lo que resulta en una fuerte acción analgésica y un efecto antiinflamatorio moderado, al no ser selectivo, inhibe tanto la formación de PG proinflamatorias y PG en nociceptores, está indicado en el control del dolor a corto plazo inhibiendo la síntesis de prostaglandinas y es capaz de aliviar el dolor a través de un mecanismo periférico, por no más de 5 días, una dosis de 30mg IM o sublingual es similar a los 10mg de morfina.<sup>8-10</sup>

Este analgésico se absorbe rápidamente después de su administración oral o intramuscular, tiene una alta unión a proteínas plasmáticas y el 60% se excreta sin cambios en la orina, su principal vida metabólica es la conjugación con ácido glucurónico; su semivida es de 5 a 7 horas.<sup>8,9</sup>

Presenta ciertos efectos adversos los cuales son:

- Dolor abdominal
- Dispepsias
- Úlcera estomacal
- Diarrea
- Somnolencia
- Dolor de cabeza
- Mareos
- Nerviosismo
- Retención de líquidos

En el dolor odontológico posoperatorio ha resultado mejor que 650mg de ASS, 600mg de paracetamol y equivalente a 400mg de ibuprofeno.<sup>8,9</sup>

### **3.21 DUREZA SUPERFICIAL**

La dureza se puede definir como la resistencia que un material opone a su penetración necesitando de cierta cantidad de energía para romperlo, obteniendo las mismas unidades que la resiliencia: MN/m<sup>3</sup> o MPa/m. La elección de la prueba depende del tipo de material que vaya a estudiar, las pruebas mecánicas de dureza que se utilizan con mayor frecuencia en los materiales dentales son las de: Barcol, Brinell, Rockwell, Shore, Vickers y Knoop.<sup>41,46-50</sup>

### **3.22 MÉTODOS DE MEDICIÓN DE DUREZA**

Su método es a través de la medida del área de indentación provocada por un indentador de diamante, cuando el indentador se coloca sobre una superficie por un determinado periodo las cargas aplicadas al indentador generan un estrés suficiente y generan huellas permanentes sobre la superficie de las muestras; las pruebas que se clasifican para medir la microdureza son las de Knoop y Vickers, las de Brinell y Rockwell, son pruebas de macrodureza.<sup>40,50-52</sup>

### **3.23 MÉTODO DE DUREZA VICKERS**

El valor de la dureza Vickers permite obtener las medidas de las diagonales formadas por los vértices opuestos de la base piramidal por medio de un microscopio incorporado al Microdurómetro, utilizando una fuerza de 9.8N y se limitan a una profundidad inferior a 19µm durante 10 segundos.<sup>51-55</sup>

El valor reportado de microdureza Vickers de la dentina sana es de 60 a 90 HV aproximadamente; la dureza de los biocerámicos alcanza el mismo rango que la dentina, sin embargo, en algunos estudios se ha comprobado que la microdureza que refleja el STP fue de 62.35HV aproximadamente 2.5 veces más alto que el ProRoot MTA con 26.93HV.<sup>56-57</sup>

### **3.24 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

Se describe como la fuerza aplicada ya sea en una misma dirección o en sentidos opuestos sobre la muestra en el punto de fractura; una característica específica

del STP es su capacidad para continuar mejorando con el tiempo en términos de fuerza durante varios días hasta alcanzar los 300 MPa después de un mes.<sup>55,57</sup>

### **3.25 RESISTENCIA A LA FLEXIÓN**

Son los esfuerzos ocurridos justo antes de ceder a una prueba de flexión, por la acción de cargas flexurales, que producen tensiones compresivas, traccionales y de corte cuando un cuerpo es sometido a una flexión. La fórmula utilizada para su determinación es la siguiente:

- P: Carga máxima que soporta el material.
- h: Altura o espesor de la muestra, mm.
- a: Radio del soporte donde se falla la muestra, mm.
- v: Constante.<sup>58,59</sup>

El valor de la resistencia a la flexión del STP después de 2 horas fue de 34 MPa en comparación con otros materiales como el ionómero de vidrio convencional que fue de 5-25 MPa, el valor para el ionómero de vidrio modificado con resina fue de 17-54 Mpa y de la resina compuesta es de 61-182 MPa aproximadamente.<sup>57</sup>

#### 4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La pulpitis es de naturaleza clínica e histológica, denota inflamación de la pulpa dental, se describe clínicamente como reversible e irreversible, el diagnóstico se fundamenta en un análisis etiopatogénico de la inflamación, sintomatología y la observación de los signos clínicos. Ocupa el segundo lugar entre las enfermedades más comunes de la cavidad bucal representando el 40.28% de las urgencias odontológicas según un estudio realizado en la Universidad de Zulia y el Instituto de Investigaciones de la Facultad de Odontología de Venezuela en 2012.<sup>1,2,4,58,59</sup>

El recubrimiento pulpar directo y la pulpotomía parcial en dientes adultos con exposición pulpar cariosa tienen una tasa de éxito del 80-85% durante 2-3 años de seguimiento con sintomatología de pulpitis reversible o irreversible. Se ha demostrado que el cemento a base de silicato tricálcico purificado (Biodentine), tiene mayor eficacia cuando es aplicado como recubrimiento pulpar directo, ya que se utiliza como sustituto bioactivo de la dentina y favorece la cicatrización del tejido pulpar, cuenta con excelentes propiedades antimicrobianas, físicas y mecánicas como lo son alta resistencia a la compresión, microdureza, baja solubilidad y fácil manipulación. Sin embargo, las propiedades analgésicas de este material son limitada manifestándose dolor postoperatorio después de su aplicación, por lo que en este proyecto de investigación se propone reforzar el efecto analgésico de este material sin alterar sus propiedades físicas y mecánicas. Debido a que ante una patología pulpar es vital eliminar el dolor inmediatamente ya que las primeras 24 horas son vitales en el éxito de los tratamientos.<sup>5,27,43</sup>

Por lo anterior, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿La incorporación de ketorolaco modifica las propiedades mecánicas y tiempo de fraguado en un cemento a base silicato tricálcico purificado utilizado como material para recubrimiento pulpar directo?

## 5. JUSTIFICACIÓN

Las investigaciones que se realizan en biomateriales dentales buscan aumentar las propiedades físicas, mecánicas y analgésicas de los mismos, los cementos a base de silicato de calcio son reconocidos por su excelente biocompatibilidad y por ser inductores de tejido mineralizado, los cementos a base de silicato tricálcico modificados específicamente el Biodentine es de los cementos más utilizados como protector pulpar debido a que reúne grandes propiedades físicas y mecánicas similares a la dentina pudiéndola remplazar; su mecanismo de acción es a través de los productos finales de la reacción de endurecimiento ya que aumenta la síntesis de TGF- $\beta$ 1 y activa las enzimas osteopontina y fosfatasa alcalina responsables de la formación del puente dentinario; sin embargo, son limitados los estudios que manifiestan sus propiedades analgésicas por lo que estudiar esta propuesta de investigación es importante ya que un estudio realizado en la Universidad Católica de Santiago se determinó que en el 30% de los casos de sensibilidad postoperatoria indican que el 85.7% es en cavidades profundas y en un estudio realizado por Araujo, demostraron que las bases cavitarias en cavidades profundas no reducen el dolor postoperatorio y este ocurre dentro de las primeras 24 horas posteriores a la realización de la restauración en cavidades profundas.<sup>2,11,60</sup>

Por lo que adicionar analgésicos como el ketorolaco actuando directamente sobre las células plasmáticas en un material dental utilizado como protector pulpar sin alterar sus propiedades físicas y mecánicas brindaría la posibilidad de tener un mejor control del dolor de manera inmediata debido a que este tendrá contacto con las células plasmáticas que se encuentran en la pulpa dental sin necesidad de esperar de 30 a 45 minutos o sufrir el efecto de primer paso de manera oral para su biotransformación. Actualmente es de vital importancia en la odontología analizar y mejorar los materiales dentales utilizados en esta área. Por lo tanto, este trabajo permitirá conocer si la incorporación de un analgésico al biocerámico a base de silicato tricálcico purificado altera sus propiedades.

## 6. HIPÓTESIS

### Hipótesis de Trabajo

- La incorporación de ketorolaco no afecta las propiedades mecánicas y tiempo de fraguado en un cemento a base de silicato tricálcico purificado.

### Hipótesis Nula

- La incorporación de ketorolaco afecta las propiedades mecánicas y tiempo de fraguado en un cemento a base de silicato tricálcico purificado.

## **7. OBJETIVOS**

### **7.1 Objetivo general**

Establecer si la incorporación de ketorolaco modifica las propiedades mecánicas y tiempo de fraguado en un cemento a base de silicato tricálcico purificado utilizado como material para recubrimiento pulpar directo.

### **7.2 Objetivos específicos**

- Identificar la microdureza en los bloques a base de silicato tricálcico purificado modificado con ketorolaco y compararlo con su grupo control.
- Identificar la resistencia a la compresión en los bloques a base de silicato tricálcico purificado modificado con ketorolaco y compararlo con su grupo control.
- Identificar la resistencia a la compresión en los bloques a base de silicato tricálcico purificado modificado con ketorolaco y compararlo con su grupo control.
- Identificar el tiempo de fraguado en todos los grupos de estudio.

## **8. MARCO METODOLÓGICO**

### **8.1 Diseño de estudio**

- Experimental

### **8.2 Universo**

- Cemento a base de silicato tricálcico purificado
- Ketorolaco IM

### **8.3 Muestra**

- 135 bloques a base de silicato tricálcico purificado de 10mmx3mm para la microdureza y resistencia a la flexión y de 4mmx3mmx3mm para la resistencia a la compresión divididos en 9 grupos.

### **8.4 Tipo de muestreo**

- Probabilístico

### **8.5 Criterios de inclusión**

- Bloques con superficies planas y lisas.

### **8.6 Criterios de exclusión**

- Bloques que no cumplan las medidas estandarizadas.

### **8.7 Criterios de eliminación**

- Bloques que hayan sufrido alguna alteración durante su procesamiento para realizar este estudio

### **8.8 Material y equipo**

- Recipientes de silicona con medidas estandarizadas.
- Cemento a base de silicato tricálcico purificado.
- Amalgamador.
- Explorador, guantes para su manipulación, bata de laboratorio, instrumentos para la recolección de datos, pinzas de curación.
- Microdurómetro modelo SXHV-1000TA (Sinowen; DongGuan, China).
- Microscopio incorporado al instrumento.
- Maquina universal de ensayos (Autograph AGS-X, Shimadzu Co, Tokio, Japón.
- Ketorolaco I.M.

En la Figura 1, en sentido vertical de arriba hacia abajo se ilustran las tres pruebas mecánicas que se estudiaron en los bloques elaborados a base de STP divididos en dos grupos experimentales (ketorolaco al 3% y 5%) y un grupo control.

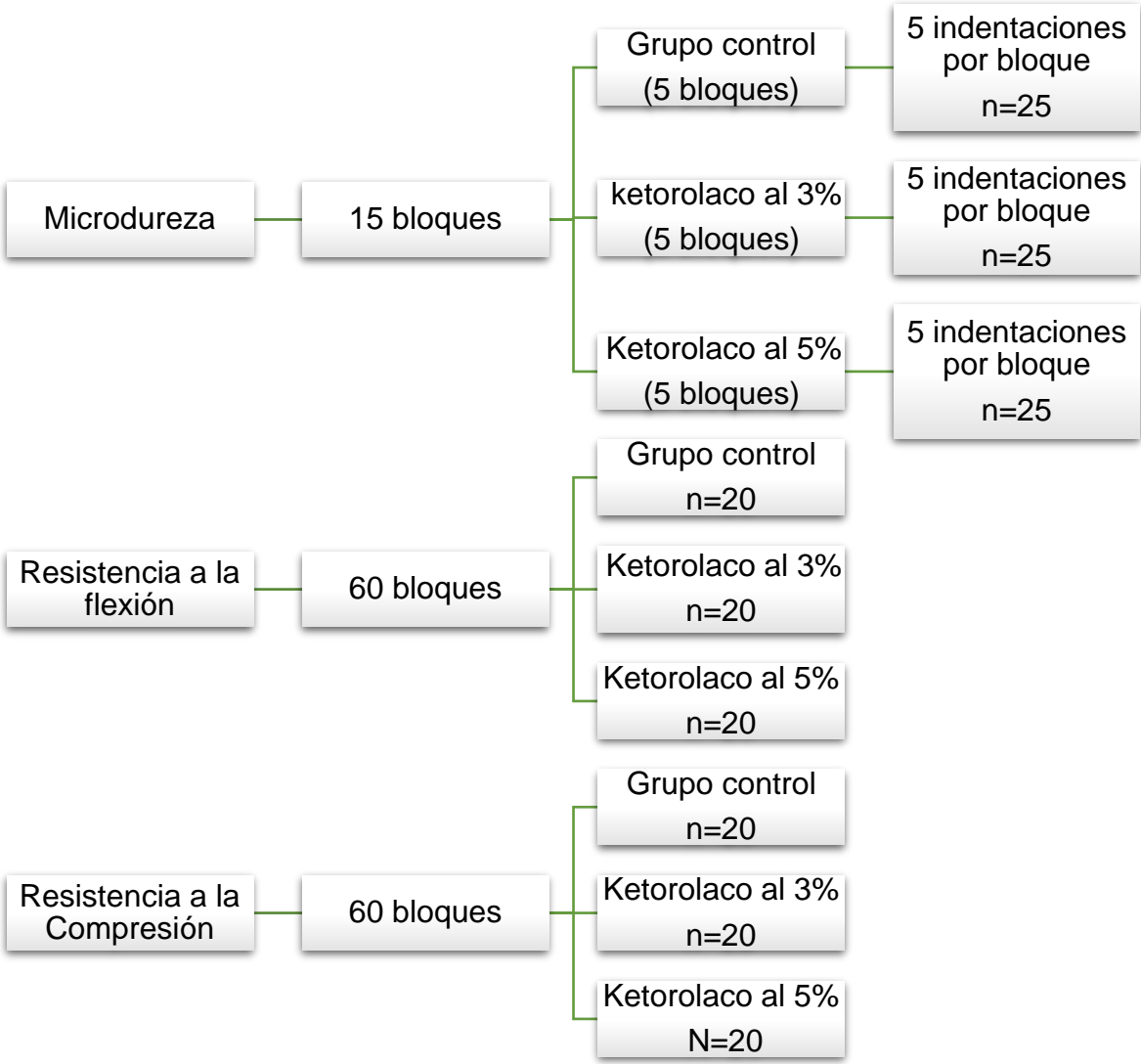


Figura 1. Diagrama de los bloques realizados con cemento a base de STP

## 8.9 VARIABLES DE ESTUDIO

Tabla 5. Se muestran las variables dependientes.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Tipo de variable	Escala de medición	Unidad de medida
<b>Microdureza</b>	Resistencia que opone un material a la penetración.	Escala de Vickers, por medio del microdurómetro modelo SXHV-1000TA (Sinowen; DongGuan, China).	Cuantitativa continua	NDV	Kg/cm <sup>2</sup>
<b>Resistencia a la compresión</b>	Fuerza aplicada sobre la muestra de una prueba de compresión en el punto de fractura.	En la máquina universal de ensayos (Autograph AGS-X, Shimadzu Co, Tokio, Japón).	Cuantitativa continua	N/MPa	Kg/cm <sup>2</sup>
<b>Resistencia a la flexión</b>	Capacidad que tiene un material para resistir la fuerza o la presión aplicada sobre un aditamento.	Cargas constantes en la máquina universal de ensayos (Autograph AGS-X, Shimadzu Co, Tokio, Japón).	Cuantitativa continua	N/MPa	Kg/cm <sup>2</sup>
<b>Tiempo de fraguado</b>	Tiempo transcurrido desde el inicio de la mezcla, hasta que la masa ha adquirido la firmeza, consistencia, la dureza y resistencia deseable.	A través del cronometro para medir el tiempo.	Cuantitativa continua	Minutos y segundos	Minutos y segundos

## 8.9 VARIABLES DE ESTUDIO

Tabla 6. Se muestran las variables independientes.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Tipo de variable	Escala de medición	Unidad de medida
<b>Ketorolaco</b>	Antiinflamatorio no esteroideo (AINE), que actúa principalmente sobre el metabolismo del ácido araquidónico bloqueando a la enzima Ciclooxygenasa (COX).	Ketorolaco I.M. de la marca comercial Dolac	Cualitativa Nominal	3 y 5%	En solución inyectable de 1ml con 30mg.

## 8.10 Método

### Elaboración de las muestras

Como se ilustra en la Figura 2, para la elaboración de los bloques de silicato tricálcico purificado se utilizaron cápsulas de Biodentine de la compañía Septodont (Saint Maur de Fossés, France).



Figura 2. Cápsulas de Biodentine de la compañía Septodont (Saint Maur de Fossés, France).

En la Figura 3, se muestra el analgésico que se utilizó (Ketorolaco) en solución inyectable de 30mg/1ml de la marca comercial Dolac (Siegfried Rhein, Suiza)



**Figura 3.** Ketorolaco en solución inyectable de 30mg/1ml de la marca comercial Dolac.

Posteriormente se pesó en una balanza analítica el polvo del cemento como se ilustra en la Figura 4A y Figura 4B respectivamente, debido a que el peso del polvo de las cápsulas no era el mismo, se tomó una media para estandarizarlo siendo de 0.679g.



**Figura 4A.** Colocación del polvo del cemento a base de silicato tricálcico purificado sobre la balanza analítica para ser pesado.



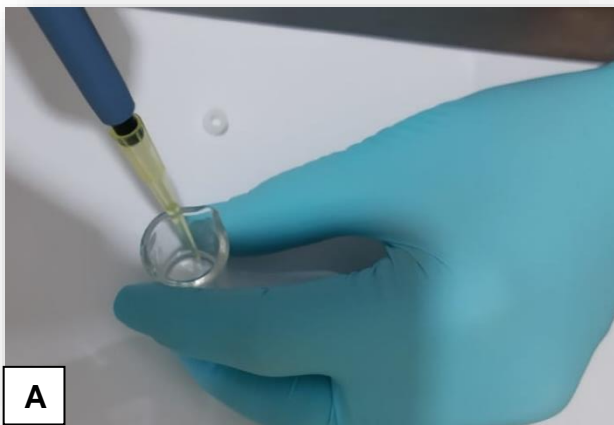
**Figura 4B.** Registro de la masa del cemento obtenida en gramos en la balanza analítica.

Para realizar la medición del volumen del líquido del cemento se utilizó una micropipeta de 100 a 1000  $\mu$ l, con la intención de tener bien controladas las unidades de medida como de ilustra en la Figura 5, se tomaron 105  $\mu$ l como media para estandarizar el volumen.



**Figura 5.** Toma del volumen del líquido utilizando una micropipeta de 100 a 1000  $\mu$ l.

Una vez evaluado el volumen de los líquidos se estableció la concentración mínima del analgésico inmerso en el cemento (Ketorolaco al 3% y 5%) y se mezcló en el polvo de la cápsula del cemento según las indicaciones del fabricante. (Figura 6A y Figura 6B).



**A**

**Figura 6A.** Toma de muestra del analgésico.



**B**

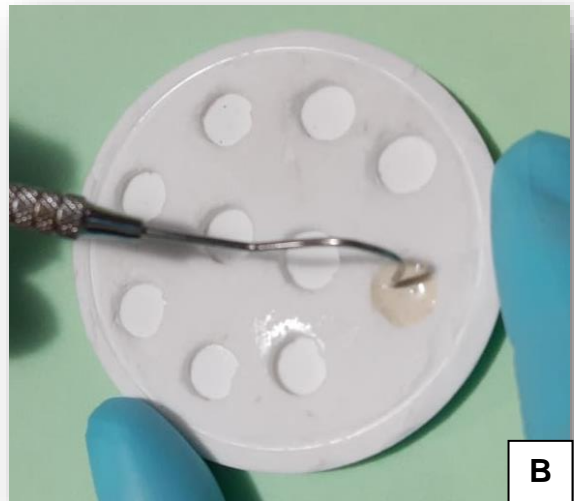
**Figura 6B.** Mezcla del analgésico con el cemento a base de silicato tricálcico purificado.

En la Figura 7, se observa cómo fue mezclado el cemento en su cápsula utilizando un amalgamador eléctrico a 3000 revoluciones por minuto (rpm) durante 30 segundos.



**Figura 7.** Mezcla de la cápsula del cemento a base de silicato tricálcico purificado en el amalgamador.

Posteriormente se elaboraron los bloques con medidas estandarizadas (10 mmx3mm) para evaluar la microdureza y resistencia a la flexión (Figura 8A y 8B); una vez fraguado el cemento (Figura 9), se procedió a realizar las pruebas mecánicas correspondientes.



**Figuras 8A y 8B.** Elaboración y manipulación de los bloques de cemento a base de silicato tricálcico purificado en el molde de silicona para la microdureza y resistencia a la flexión.



**Figura 9.** Bloques en el molde de silicona una vez fraguado el cemento a base de STP para microdureza y resistencia a la flexión.

Para evaluar a resistencia a la compresión se elaboraron bloques de 4mmx3mmx3mm ya fraguados los bloques con cemento a base de STP modificado con el analgésico se procedió a realizar las mediciones correspondientes. (Figura 10).



**Figura 10.** Elaboración de los bloques a base de STP en el molde de silicona para evaluar la resistencia a la compresión.

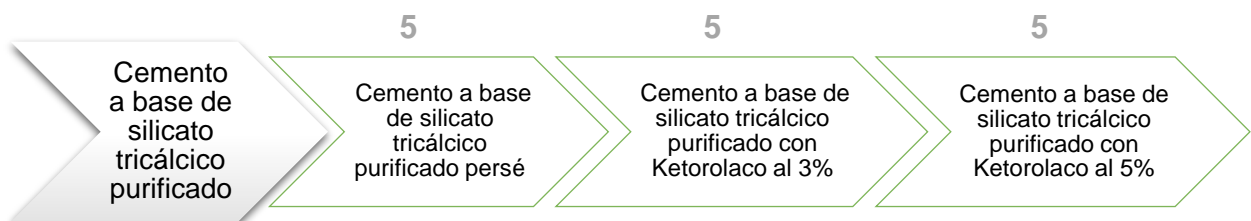
Finalmente, como se observa en la Figura 11, se marcaron con lápiz los bloques para su clasificación con la letra “B” los elaborados con el cemento a base de STP y con la letra “K” los bloques modificados con ketorolaco.



**Figura 11.** Clasificación de los bloques fabricados.

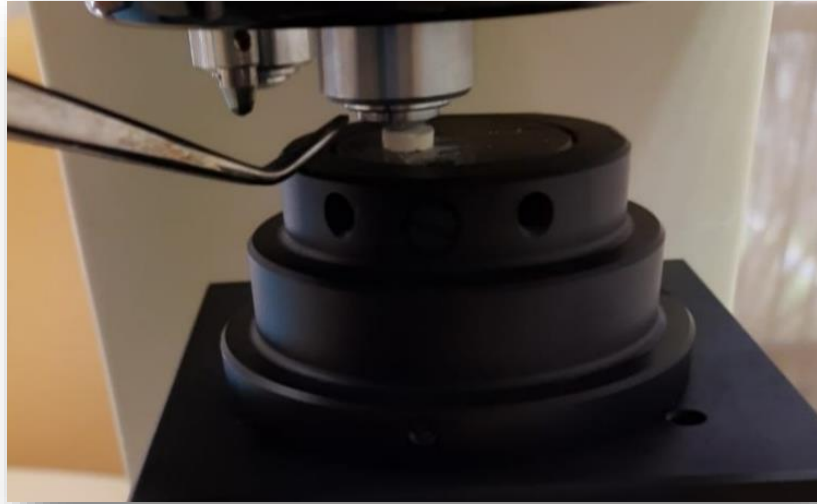
### Microdureza

Se fabricaron 15 bloques circunferenciales de 10mmx3mm divididos en 3 grupos, realizando 25 indentaciones por bloque (n =75) cómo se puede observar en la Figura 12.



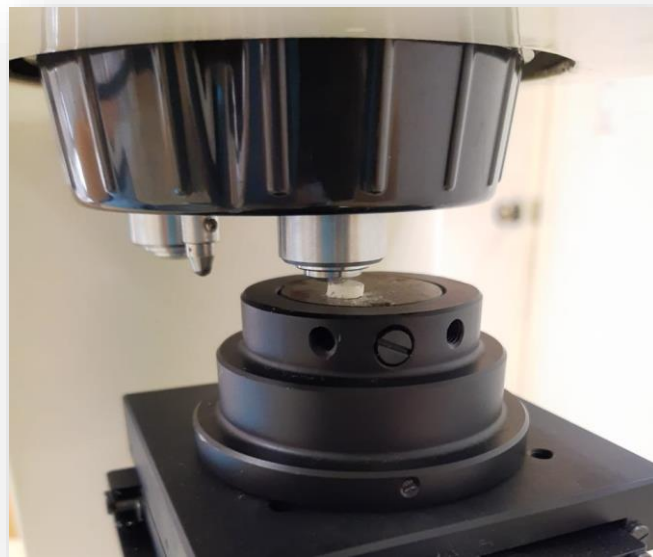
**Figura 12.** Desglose de los bloques a base de STP de acuerdo a las concentraciones del analgésico.

Para realizar las mediciones se colocaron sobre una base de acero inoxidable en el Microdurómetro modelo SXHV-1000TA (Sinowen; DongGuan, China) para ser analizados, (Figura 13).



**Figura 13.** Colocación de los bloques en la base del Microdurómetro.

Como se ilustra en la Figura 14, el indentador en forma de diamante realiza la indentación sobre el bloque, observándose en el microscopio integrado al aparato. Aplicando una fuerza constante de 10 Newtons durante 10 segundos.



**Figura 14.** Bloque a base de STP en proceso de medición para evaluar su microdureza Vickers.

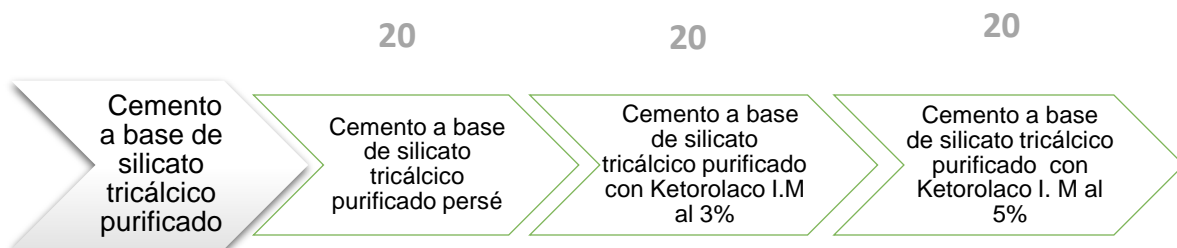
Ya analizados los bloques en el microscopio, se registraron los datos obtenidos en la pantalla del Microdurómetro en los instrumentos de recolección de datos correspondientes que se encuentran en el apartado de anexos. (Figura 15).



**Figura 15.** Resultados obtenidos en la pantalla del Microdurómetro.

### Resistencia a la compresión

Se elaboraron 60 bloques rectangulares (4mmx3mmx3mm) divididos en 3 grupos (n=20) para evaluar la resistencia a la compresión, ver Figura 17.



**Figura 17.** Desglose de los bloques del cemento a base de STP de acuerdo con el analgésico a utilizar en sus distintas concentraciones.

Para la determinación de la resistencia a la compresión los bloques fueron colocados sobre una base de acero inoxidable en la máquina universal de ensayos (Autograph AGS-X, Shimadzu Corporation, Tokyo, Japón) para ser analizados. (Figura 18).



**Figura 18.** Colocación de los bloques en la base de la máquina universal de ensayos.

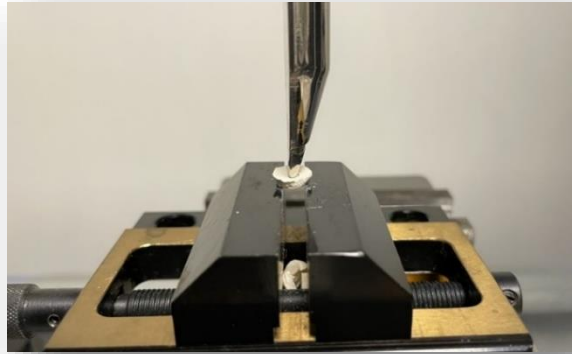
Como se observa en la Figura 19, se colocó la punta plana en el centro de la muestra a una velocidad de 1 mm/min (MPa) y se calculó utilizando la siguiente formula:  $CS = 2P / \pi dh$ ; donde CS: es la resistencia a la compresión, P: es la carga en la fractura, d: ancho de la muestra y h: espesor de la muestra (mm).



**Figura 19.** Bloque en proceso de medición para la resistencia a la compresión en la máquina universal de ensayos.



Para la determinar la resistencia a la flexión, los bloques fueron colocados en la base de la máquina universal de ensayos (Autograph AGS-X, Shimadzu Corporation, Tokyo, Japón) como se observa en la Figura 22.



**Figura 22.** Colocación de los bloques en la base de la máquina universal de ensayos para ser analizados.

En la Figura 23, se observa la punta roma en el centro del bloque a una velocidad de 1 mm / min (MPa), utilizando la siguiente formula:  $\sigma = \frac{3PI}{2bd^2}$ ; donde  $\sigma$ : resistencia a la flexión, P: la carga en la fractura, l: la distancia entre los dos soportes (mm), b: el ancho de la muestra (mm) y d: el espesor (mm).



**Figura 23.** Bloque en proceso de medición para la resistencia a la flexión en la máquina universal de ensayos.

Los datos obtenidos en computadora de la máquina universal de ensayos fueron registrados en los instrumentos de recolección de datos que se encuentran en los anexos. (Figura 24).

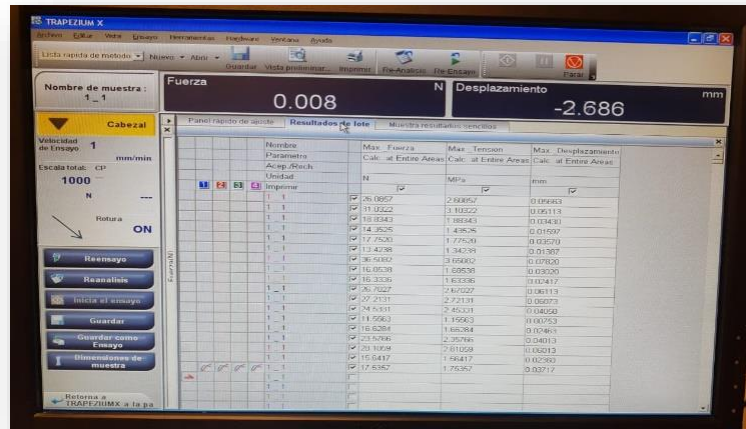


Figura 24. Registro de los datos obtenidos.

### 8.11 Implicaciones Bioéticas

Para la elaboración de este estudio se respetarán las disposiciones de la declaración de Helsinki, así como también en el cumplimiento del reglamento de la ley general de salud en materia de investigación para la salud, haciendo hincapié en su Título Segundo, Capítulo I, el cual estipula los siguientes artículos:

- ARTICULO 3o.- La investigación para la salud comprende el desarrollo de acciones que contribuyan:

III. A la prevención y control de los problemas de salud.

IV. Al conocimiento y evaluación de los efectos nocivos del ambiente en la salud.

Pautas de la CIOMS.

- Pauta 3: Distribución equitativa de beneficios y cargas en la selección de individuos y grupos de participantes en una investigación
- Pauta 23: Requisitos para establecer comités de ética de la investigación y para la revisión de protocolos.

- Pauta 24: Rendición pública de cuentas sobre la investigación relacionada con la salud.

### **Declaración de Helsinki.**

- Principio 8.

Para la publicación de los resultados de investigación, el individuo está obligado a mantener con exactitud los resultados obtenidos.

Este proyecto de investigación se encuentra aprobado por el comité de ética de la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma del Estado de México con el número de registro: CEICIEAO-2020-017.


### **8.12 Análisis estadístico**

El análisis estadístico se llevó a cabo mediante pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk y posteriormente se realizó el análisis de varianza de un factor (ANOVA) y post-hoc de Tukey. El nivel de significancia se consideró de  $P \leq 0.05$ .

## 9. Resultados

### Acuse de envió

ScholarOne Manuscripts™ Elias SALMERÓN-VALDÉS ▾ Instructions & Forms Help Log Out

 Brazilian Oral Research

[Home](#) [Author](#)

Author Dashboard

**Author Dashboard**

- 1 Submitted Manuscripts >
- 1 Manuscripts with Decisions >
- [Start New Submission](#) >
- [Legacy Instructions](#) >
- 5 Most Recent E-mails >

## Submitted Manuscripts

STATUS	ID	TITLE	CREATED	SUBMITTED
ADM: Leitão, Cristina	BOR-2021-1030	MECHANICAL PROPERTIES OF A CEMENT FOR DIRECT PULP COATING MODIFIED WITH KETOROLAC (IN VITRO STUDY)	16-Nov-2021	16-Nov-2021
• Awaiting Admin Processing		<a href="#">View Submission</a>		
<a href="#">Contact Journal</a>		<a href="#">Cover Letter</a>		

## Submission Confirmation

Thank you for your submission

**Submitted to** Brazilian Oral Research

**Manuscript ID** BOR-2021-1030

**Title** MECHANICAL PROPERTIES OF A CEMENT FOR DIRECT PULP COATING MODIFIED WITH KETOROLAC (IN VITRO STUDY)

**Authors** López-Flores, Alejandra  
SALMERÓN-VALDÉS, Elias  
Scougall-Vilchis, Rogelio  
Morales-Valenzuela, Adriana  
Lara-Carrillo, Edith  
Hegazi-Hassan, Wael  
Toral-Rizo, Víctor

**Date Submitted** 16-Nov-2021

---

← Brazilian Oral Research - Manuscript ID BOR-2021-1030

---



Traducir mensaje a: Español | No traducir nunca de: Inglés

---



Cristina Leitão <onbehalf@manuscriptcentral.com>

Mar 16/11/2021 06:01 PM



Para: Usted

CC: Usted; aleitzel296@gmail.com; rogelio\_scougall@hotmail.com; alemv@live.com.mx; laracaedith@hotmail.com **y 2 más**

16-Nov-2021

Dear Dr. SALMERÓN-VALDÉS:

Your manuscript entitled "MECHANICAL PROPERTIES OF A CEMENT FOR DIRECT PULP COATING MODIFIED WITH KETOROLAC (IN VITRO STUDY)" has been successfully submitted online and is presently being given full consideration for publication in the Brazilian Oral Research.

Your manuscript ID is BOR-2021-1030.

Please mention the above manuscript ID in all future correspondence or when calling the office for questions. If there are any changes in your street address or e-mail address, please log in to ScholarOne Manuscripts at <https://mc04.manuscriptcentral.com/bor-scielo> and edit your user information as appropriate.

## 10. Artículo: Resumen/ Abstract

### **“Mechanical properties of a cement for direct pulp coating modified with ketorolac (*in vitro study*)”**

#### **Resumen:**

El objetivo de este estudio fue establecer si la incorporación de ketorolaco a un cemento indicado como recubrimiento pulpar directo, modifica sus propiedades mecánicas y el tiempo de fraguado. Las pruebas mecánicas (resistencia a la flexión, resistencia a la compresión y microdureza) fueron analizadas elaborando 135 bloques a base de un cemento de silicato tricálcico purificado (STP), los cuales fueron divididos equitativamente entre los grupos experimentales (ketorolaco al 3% y al 5%) y el grupo control, para cada una de las pruebas, los datos se analizaron mediante la prueba ANOVA utilizando el programa estadístico SPSS para comparar los grupos de estudio. No se observaron diferencias estadísticamente significativas con respecto a la resistencia a la compresión ( $p=0.448$ ) al agregar ketorolaco al 3% y 5% en STP. Sin embargo, la microdureza, resistencia a la flexión ( $p=0.006$  y  $p=0.0001$ ) si resultan afectadas. Con respecto al tiempo de fraguado, este se ve afectado incrementándose a 27 minutos aproximadamente cuando se incorpora ketorolaco al 3% y hasta 37 minutos al incorporar ketorolaco al 5%. Se concluye que las principales propiedades mecánicas en el cemento a base de STP analizado en este estudio se ven afectadas al incorporar el analgésico directamente, por lo tanto, es necesario buscar alternativas para incorporar el analgésico a este cemento.

**Palabras clave:** Dolor, Ketorolaco, Microdureza, Resistencia a la Flexión, Resistencia a la Compresión

Colocaer como imagen

**Abstract:**

The objective of this study was to establish whether the incorporation of ketorolac into cement indicated for direct pulp capping modifies its mechanical properties and setting time. The mechanical tests (flexural strength, compressive strength, and microhardness) were analyzed by elaborating 135 blocks based on purified tricalcium silicate (PTCS) cement that were divided equally between the experimental groups (ketorolac at 3% and at 5%) and the control group. For each of the tests, the data were analyzed by analysis of variance (ANOVA) using the statistical program SPSS to compare the study groups. No statistically significant differences were observed with respect to compressive strength ( $p = 0.448$ ) with the addition of ketorolac at 3% and 5% to PTCS. However, the microhardness and flexural strength ( $p = 0.006$  and  $p = 0.0001$ ) were affected. The setting time was affected, increasing to approximately 27 minutes with the addition of ketorolac at 3% and up to 37 minutes with the addition of ketorolac at 5%. It is concluded that the main mechanical properties in the PTCS-based cement analyzed in this study are affected when the analgesic is directly incorporated; therefore, it is necessary to look for alternatives for incorporating the analgesic into this cement.

**Keywords:** Pain, Ketorolac, Microhardness, Flexural Strength, Compressive Strength.

## 11. DISCUSIÓN

La caries dental es una enfermedad infectocontagiosa, presentándose actualmente como un problema de salud a nivel mundial con una prevalencia del 34.1%. Las investigaciones que han surgido acerca del dolor se han ido ampliando gradualmente ya que se presenta como una señal de gran importancia biológica, y se transmite sobre las vías neuronales especializadas; el dolor dental referido es conocido como la sensación en una parte del cuerpo situada a distancia de la fuente de dolor real, suele provocarse mediante un estímulo intenso de las Fibras C pulpaes. La progresión de la caries no dicta el tratamiento, sin embargo, las condiciones a nivel pulpar son importantes para su elección.<sup>61,62</sup>

La inflamación a nivel pulpar trae como consecuencia la liberación en el líquido intersticial de las citocinas proinflamatorias interleucina-1 $\beta$  (IL-1 $\beta$ ), factor de necrosis tumoral- $\alpha$  (TNF- $\alpha$ ), prostaglandinas, histamina y serotonina; el equilibrio de la concentración de proteínas ocurre través de las paredes de los vasos implicando el aumento de la permeabilidad capilar.<sup>63</sup>

Los AINES inactivan la enzima de la COX, uno de los analgésicos de elección es el ketorolaco debido a que es un potente inhibidor en la síntesis de prostaglandinas y su vía de administración más común es por vía oral o intramuscular. En un estudio realizado en 1996 por *Penniston & Hargreaves* hacen referencia a su aplicación como medicamento intraconducto en endodoncia, posteriormente *Rogers y et al.*, en 1999 propusieron la aplicación de una inyección intraoral de ketorolaco sin embargo el estudio tuvo que ser suspendido debido a que al infiltrar el analgésico el 61% de los pacientes refirieron dolor transitorio después de la inyección. En la actualidad aún se siguen realizando estudios para cambiar la vía de administración de este analgésico, en el 2019, *Watts K y et.al.*, demuestran la eficacia del ketorolaco intranasal proporcionando una alternativa no narcótica y una vía adicional de administración para el alivio del dolor pulpar.<sup>64-66</sup>

La aplicación de un recubrimiento pulpar directo o de realizar una adecuada terapia pulpar ofrecen opciones para el desarrollo de nuevos protocolos en el tratamiento, tomando en cuenta la preservación del tejido pulpar, manteniendo así

sus funciones fisiológicas y defensivas y de la misma manera hay una menor eliminación de tejido sobre el órgano dentario. Es muy frecuente que solo el tejido ubicado en la cámara pulpar se inflame de manera irreversible en presencia de un estímulo constante, por lo tanto, los síntomas de la pulpitis y un adecuado diagnóstico pulpar deben considerarse seguidos de una intervención oportuna que ofrezca tratamientos mínimamente invasivos debido a que siempre hay tejido pulpar vital que tiene el potencial de curarse si se maneja correctamente.<sup>62</sup>

En exposiciones pulpares ocasionadas por caries, si la inflamación es controlada de manera eficaz a través de materiales bioactivos se puede proporcionar un sellado biológico disminuyendo la microfiltración bacteriana con la capacidad de generar tejido similar a la dentina. Uno de los cementos de elección son los cementos a base de silicato tricálcico purificado, espéricamente el Biodentine (Septodont, Saint-Maur-des-Fosses Cedex, Francia) ya que se ha demostrado que cuando se aplica directamente sobre la pulpa, induce una formación de dentina reparadora debido a la modulación de la secreción de TGF- $\beta$  de las células pulpares mostrando una capacidad de inducir la proliferación, diferenciación celular, migración y adhesión de las células madre cuando se coloca directamente en contacto con la pulpa, en comparación con otros materiales presenta múltiples ventajas en cuanto a sus propiedades físicas como: alta resistencia a la compresión, excelente sellado marginal, propiedades mecánicas similares a la dentina pudiéndola remplazar, alta dureza y baja solubilidad, mantiene una buena conducta ante la presencia de diferentes irrigantes como la clorhexidina y el hipoclorito.<sup>2,67-68</sup>

Sin embargo, es importante destacar que son limitados los estudios que manifiestan las propiedades analgésicas y que para modificar y desarrollar una nueva generación de cementos es necesario tener un amplio conocimiento en cuanto a sus propiedades físicas, químicas y biológicas. En esta investigación se elaboraron 135 bloques a base de silicato tricálcico purificado de 10mmx3mm para la microdureza y resistencia a la flexión y de 4mmx3mmx3mm para la resistencia a la compresión simulando el espesor de la dentina hasta llegar a la pulpa al

aplicarse como recubrimiento pulpar directo, dichos bloques fueron divididos de acuerdo con las pruebas mecánicas que se realizaron.

En los resultados obtenidos a través de las pruebas de ANOVA es importante mencionar que al agregar ketorolaco al 3 y 5% los valores tanto de microdureza como de resistencia a la compresión fueron estadísticamente significativos, por lo tanto, estas dos propiedades que posee el cemento a base de silicato tricálcico purificado fueron afectadas, sin embargo, en el grupo de la resistencia a la flexión no se observa notablemente una disminución de esta.

Una de las limitaciones de este estudio es que las condiciones controladas del laboratorio no reflejan exactamente lo que puede ocurrir al aplicarse el cemento a modificado con ketorolaco directamente sobre los órganos dentarios al presentarse una exposición pulpar por causa mecánica, química o por caries ya que solo se midieron los bloques sin condiciones de humedad como suele encontrarse la cavidad bucal.

De la misma manera es importante tomar en cuenta las diferencias que existen en el tiempo de fraguado al agregar ketorolaco en estado líquido al cemento de silicato tricálcico purificado ya que en condiciones normales resultaría incómodo para el paciente permanecer con la boca abierta cierta cantidad de tiempo hasta que el cemento haya endurecido y sea seguro mantenerse en la cavidad bucal.

## **12. CONCLUSIONES**

Con base a los resultados obtenidos se niega la hipótesis de trabajo ya que el agregar ketorolaco al 3% y 5% en el cemento a base de silicato tricálcico purificado afecta dos de las tres propiedades mecánicas analizadas en dicho proyecto de investigación, específicamente la resistencia a la flexión y microdureza, a pesar de que la resistencia a la compresión no se vio afectada.

Además, que el tiempo de fraguado también se ve alterado de 10 minutos sin haber incorporado el analgésico hasta 37 minutos aproximadamente ya incorporado el ketorolaco al 5%.

### **13. SUGERENCIAS**

Se sugiere realizar más estudios acerca de las propiedades físicas y mecánicas que pueden ser afectadas en el cemento a base de silicato tricálcico purificado al agregar ketorolaco en estado líquido, para así poder establecer una concentración más efectiva que no logre afectar ninguna propiedad y que tenga un efecto significativo como analgésico a nivel pulpar, de igual manera se sugiere el cambiar la presentación comercial del analgésico inmerso en el cemento debido a que también el tiempo de fraguado se ve alterado y eso resultaría incómodo al ser aplicado en el paciente.

#### 14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. García J. Patología y terapéutica dental. Segunda edición. Barcelona, España: EL SEVIER;2015.
2. Hargraves K, Berman H., Cohen L. Vías de la pulpa. Undécima edición. Los Ángeles California: El SEVIER;2016.
3. Ross M, Wojciech P. Histología, Texto y atlas color con biología celular y molecular. Sexta edición. Buenos Aires, Argentina. Medica Panamericana;2018.
4. Pereira JC, et.al. Recubrimiento pulpar directo e indirecto: mantenimiento de la vitalidad pulpar. Acta odontológica venezolana. 2011;49(1):29-30. <https://www.actaodontologica.com/ediciones/2011/1/art-15/>
5. Álvarez D. et al. Biodentine como recubrimiento pulpar directo, reporte de caso clínico. Odontol. Clinic; 2018;4(1). 10.35306/eoc.v4i1.585.
6. Taha, NA, Sedgley CM y Messer HH. Manejo conservador de dientes permanentes maduros con exposición pulpar cariosa. Revista de endodoncia, 2020;46 (9), S33 – S41. DOI: 10.1016 / j. joen.2020.06.025
7. Kaup, M., Schäfer, E. y Dammaschke, T. Un estudio in vitro de diferentes propiedades de los materiales de Biodentine en comparación con ProRoot MTA. Medicina de la cabeza y la cara, 2015; 11 (1). <https://www.remexesto.com/index.php/remexesto/article/view/93/177>
8. Tripathi KD. Farmacología en Odontología, Fundamentos. Primera edición Buenos Aires Argentina: Editorial Medica Panamericana; 2008.
9. Waldman A. Scott, Terzic Andre. Farmacología y terapéutica, Principios para la práctica. México, México: El manual moderno;2010.
10. Zavaleta Miriam, et al. Ketorolaco. Medigraphic. 2004;14(1):14-20. <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=12472>
11. Manrique-Guzmán Jorge, Chávez-Reátegui Beatriz. Glucocorticoides como profiláctico antiinflamatorio en cirugía de terceros molares inferiores. Rev. Estomatol Herediana. 2013;23(4):193 <https://www.redalyc.org/pdf/4215/421539379004.pdf>

12. Camejo M.V. Respuesta pulpar ante el recubrimiento pulpar directo: Revisión de la literatura. *Acta odontol. venez.* 1999; 37(3): 205-215. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S000163651999000300037&lng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S000163651999000300037&lng=es).
13. Ranjdar T., Balkees G., Reza M., " Bioactividad y propiedades fisicoquímicas de tres cementos a base de silicato de calcio: un estudio in vitro ", *BioMed Research International.* 2020:10 <https://odontologos.com.co/noticia/bioactividad-y-propiedadesfisicoquimicas-de-tres-cementos-a-base-de-silicato-de-calcio-un-estudio-in-vitro>
14. Candeiro G.T., et.al, "Evaluación de la radiopacidad, pH, liberación de iones de calcio y flujo de un sellador de conducto radicular de biocerámica", *Journal of Endodontia.* 2012; 38(6):842–845 <https://es.scribd.com/document/488851685/materiales-bioceramicos-en-endodencia>
15. JL Ferracane, PR Cooper y AJ Smith, "¿Puede la interacción de los materiales con el complejo dentina-pulpa contribuir a la regeneración de la dentina?" *Odontología*, 2010;98(1):2-14.
16. Islam I, Chng HK, Yap AU. Comparison of the physical and mechanical properties of MTA and portland cement. *J Endod.* 2006;32(3):193-7. doi: 10.1016/j.joen.2005.10.043. PMID: 16500224. DOI: 10.1016 / j.joen.2005.10.043
17. Camejo V. Respuesta Pulpar ante el recubrimiento Pulpar Directo: Revisión de la literatura. *Acta odontol. venez.* 1999;37(3): 205-215. ISSN 0001-6365. [http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S000163651999000300037&script=sci\\_abstract&tlng=en](http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S000163651999000300037&script=sci_abstract&tlng=en)
18. Mohammadi Z, Abbott PV. On the local applications of antibiotics and antibiotic-based agents in endodontics and dental traumatology. *Int Endod J.* 2009 Jul;42(7):555-67. Doi: 10.1111/j.1365-2591.2009.01564. x. Epub 2009 May 8. PMID: 19467048.
19. Rai R, Shashibhusan KK, Babaji P y col. Evaluación clínica y radiográfica de 3Mix y Vitapex como medicamento para pulpectomía en molares

- primarios: un estudio in vivo. *Int J Clin Pediatr Dent* 2019; 12 (6): 532–537. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ijodontos/v10n3/art08.pdf>
20. Chuensombat S, et.al, Cytotoxic effects and antibacterial efficacy of a 3-antibiotic combination: in vitro study. *J Endod.* 2013 Jun;39(6):813-9. Doi: 10.1016/j.joen.2012.11.041. PMID: 23683284
  21. Rai, R., Shashibhushan, KK, Babaji, P., Chandrappa, PM, Reddy, VR y Ambareen, Z. (2019). Evaluación clínica y radiográfica de 3Mix y Vitapex como medicamento para pulpectomía en molares primarios: un estudio in vivo. *Revista internacional de odontología pediátrica clínica*, 12 (6), 532–537. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10005-1686>
  22. Camejo V. Respuesta Pulpar ante el recubrimiento Pulpar Directo: Revisión de la literatura. *Acta odontol. venez* 1999;37(3): 205-215. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S000163651999000300037&lng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S000163651999000300037&lng=es).
  23. Canalda C., Brau E. Endodoncia, técnicas clínicas y bases científicas. Tercera edición. Barcelona, España: EL SEVIER;2001
  24. Gómez M, Campos A. Histología y embriología bucodental. Primera Edición. Buenos Aires, Argentina: Editorial Médica Panamericana;1999.
  25. Pashley D, Walton R. Histología y fisiología de la pulpa dental. Endodoncia. Cuarta edición. Ingle J, Bakland L: McGraw- Hill Interamericana;1996
  26. Hung M. Trabajo especial de grado. Irritantes del órgano dentino-pulpar durante la ejecución de los procedimientos restauradores. Universidad Central de Venezuela;2003.
  27. Weine F. Tratamiento endodóntico. Quinta edición. Editorial Harcourt. 1997
  28. Trowbridge H, Kim S, Suda H. Estructura y funciones del complejo dentino-pulpar. Octava edición. Cohen S, Burns R. Mosby;2002.
  29. Ten Cate. Histología oral. Desarrollo, estructura y función. Editorial Médica Panamericana.1986.
  30. Pashley D, Mecanismos de sensibilidad dentinaria. *Dent Clin North American*.1990; 34(3):413.

31. Robbins y Cotran. Compendio de Patología estructural y funcional. Octava Edición. Barcelona España: EL SEVIER SAUNDERS;2012.
32. Seltzer S, Bender I. La pulpa dental consideraciones biológicas en los procedimientos odontológicos. Editorial Mundi;1970.
33. Trowbridge H., Suda H. Reacción de la pulpa frente a la caries y los procedimientos operatorios. Cohen S, Burns R. Vías de la pulpa. Octava edición. Editorial Mosby;2002.
34. Mjör I. Pulp-Dentin biology in restorative. Dentistry Quintessence;2002.
35. Narhi M. Neurofisiología dental. Dent Clin North American.1990;34(3):403.  
[https://www.carlosboveda.com/Odontologosfolder/odontoinvitadoold/odontoinvitado\\_49.htm](https://www.carlosboveda.com/Odontologosfolder/odontoinvitadoold/odontoinvitado_49.htm)
36. Geddes I. Protección dentino-pulpar. Barrancos J, Barrancos P. Operatoria dental. Tercera edición. Editorial Médica Panamericana;1999.
37. Cedillo J.J, Cedillo J.E. Protocolo clínico actual para restauraciones profundas. Revista ADM 2013; 70 (5): 263-275  
<https://www.medigraphic.com/pdfs/adm/od-2013/od135h.pdf>
38. Pereira J.C., et al. Recubrimiento pulpar directo e indirecto: Mantenimiento de la vitalidad pulpar. Acta Odontológica Venezolana; 49 (1): 2011  
<https://www.actaodontologica.com/ediciones/2011/1/art-15/>
39. Joubert Hued Rony. Odontología Adhesiva y Estética. Primera Edición. Madrid España: RIPANO, S.A;2010.
40. Reis A. y Dourado A. Materiales dentales directos de los fundamentos a la aplicación clínica. Primera edición. Sao Paulo, Brasil; Gen Editorial Nacional; Santos Editora.;2012.
41. Flores L.A., Ramírez J.P. Ionómeros de vidrio restauradores: valoración de acuerdo a la Norma 96 de la ADA. 2010; 65(2): 72 -77
42. Dixon C, Stephan W, Bird W. Materiales dentales: Aplicaciones clínicas. 2° Edición. México: El manual moderno;2012.
43. Cedrés C., Laborde J.C., Giani A. Una nueva alternativa Biocompatible: Biodentine. Actas Odontológicas. 2014;1(11):11-16  
<http://dx.doi.org/10.22235/ao.v14i1.1397>

44. León M., et.al. Respuesta inflamatoria aguda. Consideraciones bioquímicas y celulares. Revista Finlay. 2015; 5(1): 47-61. <http://www.revfinlay.sld.cu/index.php/finlay/article/view/329>
45. Prieto Setián, Juan Manuel. Antiinflamatorios No Esteroides (AINES). ¿Dónde estamos y hacia dónde nos dirigimos? Revisión bibliográfica Primera Parte. Cien Dent 2007;4; 3:203-212. SN-e 1697-641X, ISSN 1697-6398
46. Barceló H, Calero J.M. Materiales dentales conocimientos básicos aplicados. Primera Edición. México, Argentina, España, Colombia, Puerto Rico, Venezuela: Trillas;2008.
47. Craig G. Materiales de odontología restauradora. Décima edición. Madrid, España: Harcourt Brace;1998.
48. Gerardo P. El zirconio en Odontología. Primera edición. Caracas, Venezuela: AMOLCA; 2011.
49. Meza J.M, Chaves C.A., Vélez J.M. Técnicas de indentación: medición de propiedades mecánicas en cerámicas. Dyna. 2006;73(149):82-93. ISSN 0012-7353. <https://www.redalyc.org/pdf/496/49614908.pdf>
50. Guzmán Báez HJ. Biomateriales Odontológicos de Uso Clínico. Colombia: Cat Editores; 1990.
51. Avner, S. H., Aracama, L. L. Introducción a la metalurgia física. New York City: McGraw-Hill. (2011).
52. Gnjata S. Addition to the methodology of research into permanent teeth hardness. Archives of Biological Sciences, 2010; 62(3): 739-746. DOI: 10.2298 / ABS1003739G
53. Calle G., Castro A., Montoya M. Adaptación de un sistema de reconocimiento de imágenes Brinell y Vickers. Scientia Et Technica. 2004;10(26):79-84 ISSN 0122-1701
54. Seow WK, Amaratunge A. The effects of acid-etching on enamel from different clinical variants of amelogenesis imperfecta: an SEM study. Pediatr Dent. 1998 Jan-Feb;20(1):37-42. PMID: 9524971.

55. Chuenarrom, C., Benjakul, P., & Daosodsai, P. Effect of indentation load and time on Knoop and Vickers microhardness tests for enamel and dentin. *Materials Research*. 2009; 12(4): 473-476 <https://doi.org/10.1590/S1516-14392009000400016>
56. Kaup, M., Schäfer, E., Dammaschke T. Un estudio in vitro de diferentes propiedades de los materiales de Biodentine en comparación con ProRoot MTA. *Medicina de la cabeza y la cara*, 2015;11(1). ISSN 0120-4319
57. Mandeep K, Harpreet S. Biodentine: un sustituto de dentina prometedor. *Revista JBR de medicina interdisciplinaria y ciencia dental*, 2014;2(5). Doi: 10.4172 / 2376-032X.1000140
58. Villegas B., PA, Paucar A., CG, Garcia G., CP, Restrepo R., R. Comparación de la resistencia a la flexión entre una matriz de alúmina nanométrica reforzada con un material amorfo: con un producto dental de óxido de aluminio infiltrado. *Scientia Et Technica*. 2007;8(36):419-424. ISSN: 0122-1701
59. González B., HÁ, Steffen Hellwig, C, Montoya A., JA. Resultados del ensayo del módulo de Young y resistencia a la flexión de vigas laminadas de *Guadua angustifolia* Kunth. *Scientia Et Technica*. 2008;9(40):291-29 ISSN: 0122-1701.
60. Diagnóstico y Abordaje Anestésico de Diagnóstico y Abordaje Anestésico de PULPITIS Irreversible Sintomática en Órganos Dentarios Permanentes. *Guía Práctica Clínica IMSS-692-13*. México: Instituto Mexicano del Seguro Social, 2013:  
<http://www.imss.gob.mx/profesionales/guiasclinicas/Pages/guias.aspx>
61. Eghbal MJ Et. Al. Postendodontic Pain after Pulpotomy or Root Canal Treatment in Mature Teeth with Carious Pulp Exposure: A Multicenter Randomized Controlled Trial. *Pain Res Manag*. 2020 Jun 30; 2020:5853412. Doi: 10.1155/2020/5853412. PMID: 32676136; PMCID: PMC7345601

62. Wolters W.J., et. Al. Minimally invasive endodontics: a new diagnostic system for assessing pulpitis and subsequent treatment needs. *Int Endod J.* 2017 Sep;50(9):825-829. Doi: 10.1111/iej.12793. PMID: 28776717.
63. Donaldson LF. Understanding pulpitis. *J Physiol.* 2006;15;573(Pt 1):2-3. Doi: 10.1113/jphysiol.2006.110049. Epub 2006 Mar 31. PMID: 16581853; PMCID: PMC1779693.
64. Mellor AC, Dorman ML, Girdler NM. The use of an intra-oral injection of ketorolac in the treatment of irreversible pulpitis. *Int Endod J.* 2005 Nov;38(11):789-92. Doi: 10.1111/j.1365-2591.2005.01015\_1. x. PMID: 16218969.
65. Watts K, Balzer S, Drum M, Nusstein J, Reader A, Fowler S, Beck M. Ibuprofen and Acetaminophen Versus Intranasal Ketorolac (Sprix) in an Untreated Endodontic Pain Model: A Randomized, Double-blind Investigation. *J Endod.* 2019 Feb;45(2):94-98. Doi: 10.1016/j.joen.2018.11.005. PMID: 30711184.
66. Faghihian H, Faghihian R, Khademi A, Aggarwal V. Anesthetic Efficacy of Lidocaine/Ketorolac in Inferior Alveolar Nerve Block in Patients with Irreversible Pulpitis: A Randomized Clinical Trial. *Eur Endod J.* 2020 Dec;5(3):186-190. Doi: 10.14744/eej.2020.74946. PMID: 33353921; PMCID: PMC7881381
67. Kaur M, Singh H, Dhillon JS, Batra M, Saini M. MTA versus Biodentine: Review of Literature with a Comparative Analysis. *J Clin Diagn Res.* 2017 Aug;11(8): ZG01-ZG05. Doi: 10.7860/JCDR/2017/25840.10374. Epub 2017 Aug 1. PMID: 28969295; PMCID: PMC5620936.
68. Tate AR, Acs G. Dental postoperative pain management in children. *Dent Clin North Am.* 2002 Oct;46(4):707-17. Doi: 10.1016/s0011-8532(02)00028-9. PMID: 12436826.