



FACULTAD DE POSGRADOS

“HIDROXIAPATITA DE LA CÁSCARA DE HUEVO EN LA OBLITERACIÓN DE  
TÚBULOS DENTINARIOS: ESTUDIO EN MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE  
BARRIDO”.

Autor

Krupskaya Estefanía Vicente Silva

Año

2020



FACULTAD DE POSGRADOS

“HIDROXIAPATITA DE LA CÁSCARA DE HUEVO EN LA OBLITERACIÓN DE  
TÚBULOS DENTINARIOS: ESTUDIO EN MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE  
BARRIDO”.

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos establecidos  
para optar por el título de Especialización Médica en Rehabilitación Oral

Profesor/a Guía

PhD Alexandra Patricia Mena Serrano

Autor

Krupskaya Estefanía Vicente Silva

Año

2020

## DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

"Declaro haber dirigido el trabajo, Hidroxiapatita de la cáscara de huevo en la obliteración de túbulos dentinarios: estudio en microscopía electrónica de barrido, a través de reuniones periódicas con la estudiante Krupskaya Estefanía Vicente Silva, en el semestre 2020 - 00, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación".



---

Alexandra Patricia Mena Serrano

PhD en Odontología Restauradora

CI. 1713167896

## DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

"Declaro haber revisado este trabajo, Hidroxiapatita de la cáscara de huevo en la obliteración de túbulos dentinarios: estudio en microscopía electrónica de barrido, de la estudiante Krupskaya Estefanía Vicente Silva, en el semestre 2020 - 00, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación".



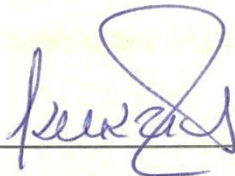
Eliana Haydee Aldás Fierro

Máster en Odontología Estética y Restauradora

CI. 1713108866

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Krupskaya', is written over a horizontal line.

Krupskaya Estefanía Vicente Silva

CI. 1104727639

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios en primer lugar por permitirme cursar mi especialidad, sin Él nada de esto sería posible. A mis amados Padres y Hermanos por su apoyo incondicional en cada de mis etapas. A mis docentes por su paciencia y enseñanzas compartidas. Al personal del Centro de Nanociencia y Nanotecnología de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, de manera especial al Dr. Alexis Debut y a la Ing. Karla Vizuite por su colaboración y compromiso con la presente investigación.

## **DEDICATORIA**

Dedico mi trabajo y mi título a Dios, por estar conmigo durante cada segundo de vida, alentándome aún en los momentos más difíciles. A mis Padres y Hermanos por creer en mis capacidades y por ser mi razón de seguir cosechando triunfos. Y a mi querida tutora Dra. Alexandra Mena, quien con su paciencia y cariño ha sido mi guía durante mi Especialidad.

## RESUMEN

La Hidroxiapatita, es un mineral con capacidad de remineralización dental, obliteración de túbulos dentinarios y regeneración ósea; su síntesis a partir de cáscara de huevo es considerada como un método eficaz, rápido y económico.

**Material y métodos.** Fueron evaluados 16 terceros molares (n=4). La superficie vestibular y oclusal fue desgastada hasta exponer dentina. La hidroxiapatita fue obtenida a partir de la cáscara de huevo [HA] después de su calcinación, el polvo obtenido fue mezclado con glicerol para obtener un gel. Los siguientes productos fueron aplicados sobre las superficies de dentina: Colgate proalivio, Sensodyne rápido alivio, Nano P, e HA. Las superficies dentinarias fueron divididas en dos mitades: control y experimental. Sobre la dentina expuesta se aplicó EDTA al 17% durante dos minutos con un microbrush, para simular túbulos dentinarios abiertos, posteriormente se lavó por 30 segundos y se secó. Se aisló con teflón la zona control y se realizó una sola aplicación en la zona experimental usando Colgate y Sensodyne por 1 min, Nano P durante 5 minutos e HA experimental por 7 minutos. Todas muestras fueron observadas en el Microscopio electrónico de barrido. El análisis cualitativo fue realizado por dos observadores ciegos; la valoración cuantitativa se obtuvo a partir de una fórmula establecida.

**Resultados.** La evaluación cualitativa reportó una alta eficacia de Nano P e HA experimental para obliterar túbulos. La valoración cuantitativa, indica que Nano P e Hidroxiapatita obliteró mayor cantidad de túbulos dentinarios en comparación con Sensodyne y Colgate.

**Conclusiones.** Nano P fue superior a los demás compuestos, provocando mayor cantidad de obliteración tubular tanto en oclusal como vestibular, seguido del gel de Hidroxiapatita experimental, Sensodyne y Colgate.

**Palabras clave:** Hidroxiapatita, Hidroxiapatita de Calcio, esclerosis dentinaria.



## ABSTRACT

**Hydroxyapatite**, is a mineral with dental remineralization capacity, obliteration of dentinal tubules and bone regeneration; Its synthesis from eggshell is considered an effective, fast and economical method.

**Material and methods.** Sixteen third molars were evaluated (n = 4). The vestibular and occlusal surface was worn to expose dentin. Hydroxyapatite was obtained from the eggshell [HA] after calcination, the powder obtained was mixed with glycerol to obtain a gel. The following products were applied on dentin surfaces: Colgate proalivio, Sesondyne quick relief, Nano P, and HA. The dentinal surfaces were divided into two halves: control and experimental. On the exposed dentin, 17% EDTA was applied for two minutes with a microbrush, to simulate open dentinal tubules, then washed for 30 seconds and dried. The control zone was isolated with Teflon and a single application was made in the experimental zone using Colgate and Sensodyne for 1 min, Nano P for 5 minutes and experimental HA for 7 minutes. All samples were observed in the scanning electron microscope. The qualitative analysis was performed by two blind observers; The quantitative assessment was obtained from an established formula.

**Results** The qualitative evaluation reported a high efficacy of experimental Nano P and HA to obliterate tubules. The quantitative assessment indicates that Nano P and Hydroxyapatite obliterated more dentinal tubules compared to Sensodyne and Colgate.

**Conclusions.** Nano P was superior to the other compounds, causing a greater amount of tubular obliteration in both occlusal and vestibular, followed by the experimental Hydroxyapatite gel, Sensodyne and Colgate.

Keywords: Hydroxyapatite, Calcium Hydroxyapatite, dentinal sclerosis.

# ÍNDICE

1.	Introducción .....	1
1.1.	Justificación .....	3
2.	Marco Teórico .....	4
2.1.	Estructura dentaria .....	4
2.2.	Estructura morfológica del diente.....	4
2.3.	Estructura de los tejidos dentarios .....	4
2.3.1.	Esmalte .....	5
2.3.2.	Dentina .....	7
2.3.3.	Cemento .....	11
2.3.4.	Pulpa.....	13
2.4.	Hipersensibilidad Dentinaria .....	15
2.4.1.	Definición .....	15
2.4.2.	Incidencia .....	16
2.4.3.	Etiopatogenia .....	16
2.4.4.	Mecanismos de la Hipersensibilidad Dentinaria .....	17
2.4.5.	Diagnóstico.....	18
2.4.6.	Tratamiento.....	18
2.5.	Hidroxiapatita.....	20
2.5.1.	Composición Química.....	21
2.5.2.	Fuentes de Hidroxiapatita .....	21
2.5.3.	Síntesis de Hidroxiapatita.....	22
2.5.4.	Propiedades.....	27
2.5.5.	Aplicaciones de la Hidroxiapatita .....	27
3.	Objetivos e Hipótesis.....	31
3.1.	Objetivo General .....	31
3.2.	Objetivos Específicos.....	31
3.3.	Hipótesis Nula .....	31
3.4.	Hipótesis Alternativa .....	31

4.	Metodología .....	32
4.1.	Tipo de Estudio .....	32
4.2.	Muestra .....	32
4.3.	Criterios de Inclusión y Exclusión .....	33
4.3.1.	Criterios de Inclusión: .....	33
4.3.2.	Criterios de Exclusión: .....	33
4.4.	Técnicas e Instrumentos: .....	33
5.	Resultados .....	43
5.1.	Análisis de Resultados .....	43
6.	Discusión .....	48
7.	Conclusiones y Recomendaciones .....	53
7.1.	Conclusiones: .....	53
7.2.	Recomendaciones: .....	53
	REFERENCIAS .....	54

## 1. Introducción

En la historia de la odontología la hipersensibilidad dentinaria ha sido uno de los grandes problemas dentro de este campo. Según Zhu, M., Li, J., Chen, B., Mei, L., Yao, L., Tian, J., & Li, H. (2015, p. 2) la hipersensibilidad dentinaria se define como un dolor transitorio que surge de la dentina expuesta, en respuesta a estímulos químicos, térmicos, táctiles u osmóticos. No atribuible a un defecto o patología dental.

Aunque es de origen multifactorial, se relaciona con el incremento de la permeabilidad de la dentina causada por su desmineralización (Rai, A.K., & Jain, M., 2015, p. 138). West, N., Seong, J., & Davies, M. (2014, p. 109) afirman que el 42% de pacientes de edades comprendidas entre 18 y 35 años presentan hipersensibilidad dentinaria; por su parte Kanehira, M., Ishihata, H., & Saito, M. (2015, p. 326) sostienen que la prevalencia de esta condición clínica es del 57%, de manera especial en edades comprendidas entre 20 y 40 años.

Las principales causas se atribuyen a la denudación de la superficie radicular o desgaste del esmalte dental, lo que da como resultado la exposición de la dentina, y de las terminaciones nerviosas que se encuentran en el interior de los túbulos dentinarios, los mismos que reaccionan a irritantes locales o ambientales (Rai, A. K., & Jain. M., 2015, p. 139).

Según Bubteina, N., & Garoushi, S. (2015, p. 2) el manejo clínico de la hipersensibilidad dentinaria depende principalmente de la identificación y la eliminación de los factores causales y predisponentes. El control de esta condición

se basa en la aplicación de agentes capaces de producir oclusión de los túbulos o desensibilización nerviosa. Diferentes productos a base de fluoruros (Yang, S., Ying, K., Wang, F., Chen, K., Zhou, L., & Yang, Q., 2016, p. 152), oxalatos (Rai, A. K., & Jain, M., 2015, p. 141), resinas adhesivas (Zhou, L., Wang, Y., Yang, H., Guo, J., Tay, F. R., & Huang, C. 2015, p. 3), cementos como el Portland o ionómeros como el bioglass (Cruz, L., & Tuñas, I., 2018, p. 1) están abriendo nuevas líneas de investigación dentro de este campo.

Compuestos a base de Hidroxiapatita constituyen el presente y el futuro de la odontología permitiendo su aplicación en diversas áreas; este fosfato cálcico juega un papel muy importante en la fase inorgánica de los tejidos duros, tanto huesos como dientes. Bakry, A.S., Al-Hadeethi, Y., & Razvi, M.A. (2016, p. 2) afirman que la aplicación de la pasta de hidroxiapatita sobre la dentina reduce significativamente la permeabilidad de la misma al ser capaz de sellar los túbulos dentinarios. De la misma manera, Vano, M., Derchi, G., Barone, A., Pinna, R., Usai, P., & Covani, U., en el año 2017 (p. 315) sostienen que la hidroxiapatita es el tratamiento de primera elección para el manejo de la hipersensibilidad dentinaria, gracias a la oclusión de los túbulos.

Dentro de los medios de obtención de la hidroxiapatita se pueden mencionar las fuentes naturales en la que se resalta la cáscara de huevo, la cual es considerada como una fuente rica de calcio, carbonatos y óxidos (Abdulrahman, I., Tijani, H. I., Mohammed, B. A., Saidu, H., Yusuf, H., Ndejiko, M., & Mohammed, S., 2014, p. 2). Lee, S., Balázs, C., Balázs, K., Seo, D., Kim, H., Kim, C., & Kim, S., 2014 (p. 114) estudiaron la hidroxiapatita obtenida a partir de dos fuentes, tales como conchas marinas y cáscaras de huevo; según sus reportes las dos fuentes tienen

características de Hidroxiapatita pura, existiendo ligeras variaciones de los minerales presentes en cada caso. Mientras que, Baba, A., Oduwole, I.T., Salami, F.K., Adekola, F.A., & Adeboye, S.E., en el año 2013 (p. 436) realizaron un estudio para producir Hidroxiapatita a partir de cáscaras de huevo por precipitación, el mismo que resultó exitoso tras los análisis realizados al polvo obtenido, en donde se observó la presencia de este mineral. Por su parte Khandelwal, H., & Prakash, S. (2016, p. 120) probaron el método químico-húmedo para la obtención de hidroxiapatita a partir de cáscara de huevo en donde demuestran que el producto final es un polvo, que contiene este mineral en proporciones ideales, considerándolo adecuado para aplicaciones biomédicas.

### **1.1. Justificación**

La hidroxiapatita es un compuesto de vital importancia para dientes y otros tejidos del cuerpo humano; su biocompatibilidad permite diferentes aplicaciones en distintas ramas de la medicina, entre ellas la odontología. La obtención de este mineral a partir de fuentes naturales como la cáscara de huevo, resulta un procedimiento novedoso y a la vez fácil y económico de realizar.

Por otra parte, la sensibilidad dental viene siendo un problema que aqueja al individuo de manera muy común; el mecanismo de acción de la hidroxiapatita es favorecer la remineralización dental y también ocluir los túbulos dentinarios, controlando la sensación dolorosa que produce la hipersensibilidad por tal motivo resulta muy interesante obtener HA a partir de cáscara de huevo y evaluar su comportamiento en la dentina; contribuyendo positivamente al desarrollo de biomateriales y sus aplicaciones en los tejidos dentales.

## 2. Marco Teórico

### 2.1. Estructura dentaria

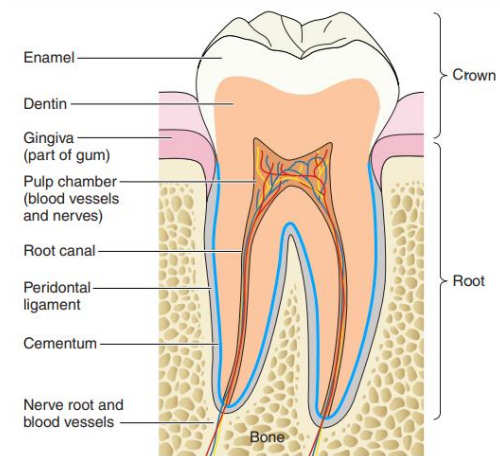
Los dientes son órganos duros de color blanco marfil, localizados dentro de los procesos alveolares de los maxilares, que presentan una especial constitución tisular, compuestos por calcio, fósforo y magnesio; minerales que les proporcionan la dureza que los caracteriza (Teruel, J.D., Alcolea, A.F., Hernández, A.M., & Ruiz, A.J., 2015, p. 768).

### 2.2. Estructura morfológica del diente

Morfológicamente, el diente presenta las siguientes partes: **Corona**, que corresponde a la parte funcional de órgano dental, la misma que se la puede observar en la cavidad oral, por lo tanto, se encuentra expuesta al medio bucal de forma permanente y está recubierta por esmalte. **Cuello**, es la unión entre la corona y la raíz, en condiciones normales se ubica a nivel de la encía marginal; también se lo denomina zona Cervical. **Raíz**, corresponde a la zona que no es visible en el medio bucal, ya que se localiza dentro del proceso alveolar tanto del maxilar como de la mandíbula, y está recubierta por cemento dental (Esponda, R. 1994, p. 39).

### 2.3. Estructura de los tejidos dentarios

Histológicamente, los dientes se encuentran formados por tres tejidos duros y mineralizados: *esmalte*, *dentina*, y *cemento*; y un cuarto tejido denominado *pulpa*, que es laxo y blando (Lacruz, R., Habelitz, S., Wright, J., & Paine, M., 2017, p. 939).



**Figura 1:** Estructura histológica de los tejidos dentales  
Tomado de Lacruz, R., et al., 2017, p. 940.

### 2.3.1. Esmalte

Gómez de Ferraris, M., & Campos Muñoz, A. (1999, p. 271) definen, al esmalte como el tejido más duro del cuerpo humano, se encuentra altamente mineralizado, recubriendo la corona dental, tiene aspecto vítreo, superficie brillante y translúcida. El mismo que presenta las siguientes propiedades físicas:

- Dureza:** corresponde a cinco en la escala de Mohs y decrece de la superficie externa a la conexión amelodentinaria
- Elasticidad:** depende de la cantidad de agua y sustancia orgánica que posee, siendo muy escasa; con tendencia a fracturas, cuando no tiene apoyo dentinario.
- Color y transparencia:** el esmalte es translúcido, su color varía entre un blanco amarillento a un blanco grisáceo, el mismo que depende de la dentina.
- Permeabilidad:** es muy escasa y puede actuar como una membrana semipermeable.
- Radioopacidad:** es muy alta, por ser la estructura más radioopaca del organismo dado su alto grado de mineralización.



Según, Lacruz et al., (2017, p. 940) el esmalte, químicamente está constituido por:

-*Matriz Orgánica*: (1 al 2%) es de naturaleza proteica, entre las cuales se puede mencionar las amelogeninas que se encuentran en un 90%.

-*Matriz Inorgánica*: (95%) constituida por minerales de calcio, fosfato y carbonato.

-*Agua*: (3 al 4%) la misma que se localiza en la periferia del cristal.

### **2.3.1.1. Estructura histológica del Esmalte**

Ruan, Q., & Moradian-Oldak, J. (2015, p. 3020) señalan que la unidad básica del esmalte es el Prisma Adamantino, compuesto por cristales de hidroxiapatita; los mismos que son altamente mineralizados y recorren el esmalte en todo su espesor, con dimensiones de 50–70 nm de ancho, 20–35 nm de espesor. Los conjuntos de prismas de esmalte forman el esmalte prismático, en los cuales se identifican: cabeza, cuello y la cola de terminación irregular. Los prismas se encuentran estrechamente asociados unos con otros, formando un perfecto engranaje, su grosor aumenta a partir de la unión amelodentinaria (UAD) hacia la superficie externa. Por su parte, en la región periférica de la corona se localiza el esmalte aprismático, el mismo que carece de prismas.

El espesor del esmalte disminuye desde la superficie más externa hacia la región cervical, presentado mayor espesor por vestibular que por lingual. A nivel de la unión amelocementaria (UAC) tiene un espesor mínimo, es sumamente delgado en los surcos y fosas pudiendo a veces faltar. Su espesor máximo es de 2 a 3mm en las cúspides de molares y premolares, en el borde incisal de incisivos y en canino superior, zonas grandes de impactos masticatorios (Qamar, Z., Rahim, Z., Chew, H., & Fátima, T., 2017, p. 117).

Thompson V. (2020, p. 34-35) menciona las siguientes estructuras secundarias del esmalte:

-*Las estrías de Retzius*: son líneas incrementales que representan la aposición de capas de sustancia adamantina durante la formación de la corona.

-*Penachos Adamantinos*: son estructuras similares a micro fisuras de esmalte que se despliegan desde la UAD.

-*Bandas de Hunter – Schreger*: son de anchura variable, límites inexactos y se observan en las partes más internas del esmalte.

-*Unión Amelodentinaria*: es la interfaz entre el esmalte y dentina, constituyendo una estructura graduada encargada de la transición de esmalte a dentina.

-*Usos adamantinos*: tienen forma de clavos irregulares que se encuentran a nivel de la UAD, alojando prolongaciones de los odontoblastos.

-*Periquimáticas*: son rodetes de esmalte que se encuentran entre las líneas de imbricación que tienden a desaparecer.

-*Líneas de imbricación de Pickerill*: son surcos poco profundos ubicados en la superficie del esmalte.

### **2.3.2. Dentina**

Es el principal componente del diente, que exhibe una compleja estructura jerárquica, está compuesta por tejido mineralizado que constituye el mayor volumen de la pieza dental; en la porción coronaria está cubierta por esmalte, mientras que, en la raíz por cemento dental, interiormente delimita a la cámara pulpar que aloja al tejido pulpar. El espesor de la dentina presenta variaciones dependiendo de la pieza dental, en los incisivos inferiores es de 1-1,5mm, por su parte en caninos y molares es de 3mm (Wang, R., Niu, L., Li, Q., Liu, Q., & Zuo, H., 2017, p. 1).

Zhong, B., Peng, C., Wang, G., Tian, L., Cai, Q., & Cui, F. (2015, p. 1006) destacan las siguientes propiedades físicas de la Dentina:

*-Color:* es de color blanco amarillento, dependiendo del grado mineral, vitalidad del tejido pulpar, edad del individuo y pigmentos.

*-Dureza:* es determinada por el contenido mineral, y se reduce con la profundidad de la dentina, sus valores oscilan entre 0,57 y 1,13 GPa.

*-Elasticidad:* es de gran importancia ya que compensa la rigidez del esmalte, amortiguando las fuerzas que se ejercen durante el proceso de masticación; la elasticidad es variable, dependiendo de cantidad de sustancia orgánica y agua. El módulo de Young de la dentina es de 17,6 – 22,9 GPa aproximadamente.

*-Permeabilidad:* la presencia de los túbulos dentinarios confiere mayor permeabilidad a la dentina en comparación con el esmalte, permitiendo el paso de solutos.

Según, Teruel, J.D., et al., (2015, p. 770) la dentina está compuesta por:

*-Matriz Inorgánica:* (70%) constituida principalmente por cristales de hidroxiapatita, de 36nm de longitud, 25 nm de anchura y 10nm de altura, los mismos que se ubican de forma paralela a las fibras de colágeno; en su porción mineral contienen: fosfatos, carbonatos, sulfatos y otros oligoelementos como: flúor, cobre, zinc, hierro, magnesio y calcio que constituyen reservorios para la formación de Hidroxiapatita.

*-Matriz Orgánica:* (18%) compuesta por fibras de colágeno tipo I, el mismo que es sintetizado por los odontoblastos; el colágeno tipo III, IV, V, VI, se presenta en pequeñas proporciones, así como también proteínas como: fosfoforinas, sialoproteínas, proteoglicanos albumina, fosfolípidos y factores de crecimiento.

-*Agua*: aproximadamente, 12%.

### **2.3.2.1. Estructura histológica de la Dentina**

Para Thompson, V., 2019, p. 34-35, la dentina está constituida por unidades básicas: túbulos y dentina intertubular; y por unidades secundarias: líneas incrementales, dentina interglobular, zona granulosa de Thomes, bandas dentinarias de Schreger, conexión amelodentinaria y cementodentaria.

- **Unidades Estructurales Básicas:**

-*Túbulos Dentinarios*: son estructuras cilíndricas delgadas que recorren todo el espesor de la dentina, desde la pulpa hasta la UAD o UAC; su longitud varia 1,5 y 2mm. La pared del túbulo está formada por dentina peritubular o tubular, los túbulos alojan en su interior el proceso odontoblástico; entre la pared del túbulo y la prolongación odontoblástica existe el llamado espacio periprocesal que contiene licor dentinario; este espacio permite que el fluido se difunda en forma centrífuga nutriendo la periferia de la dentina y en forma centrípeta para conducir los estímulos a la pulpa (Teruel, J.D., et al., 2015, p. 769).

Los túbulos de la dentina coronaria siguen un trayecto curvo en forma de “S” cuando el diente esta seccionado axialmente; la cantidad de túbulos dentinarios aumenta conforme se aproximan a la pulpa, es así que en las regiones más externas de la dentina coronal hay un número de 17000 a 20000 por mm<sup>2</sup>, mientras que en las zonas más próximas a la pulpa existen aproximadamente 40000 por mm<sup>2</sup>. Por su parte, en la dentina radicular el número de túbulos es de 24000 por mm<sup>2</sup> cerca de la

región pulpar, aproximadamente 12000 por  $\text{mm}^2$  a nivel de la periferia (Thompson, V., 2020, p. 34-35).

*-Pared de los túbulos:* los túbulos están rodeados por una pared llamada dentina peritubular, compuesta por una menor cantidad de fibras de colágeno hipermineralizadas, en comparación con la dentina intertubular; y su materia orgánica está formada por glicoproteínas, lípidos, e Hidroxiapatita. (Wang, R., et al., 2017, p. 2).

*-Dentina intertubular:* ocupa la región entre los túbulos dentinarios y su componente principal son las fibras de colágeno en grandes cantidades, reforzada por cristales de Hidroxiapatita (Wang, R., et al., 2017, p. 2).

Thompson, V. (2020, p. 37) señala las siguientes unidades estructurales secundarias de la dentina:

*-Líneas incrementales:* Existen de dos tipos: las líneas de imbricación, también llamadas de Von Ebner son análogas a las estrías transversales adamantinas, ubicadas de manera perpendicular a los túbulos; y las líneas de contorno, conocidas como líneas de Owen, consideradas como alteraciones en la calcificación de la dentina, son hipomineralizadas y más anchas que las de Von Ebner.

*-Espacios de Czermack o Dentina interglobular:* son espacios interglobulares de tamaño aproximado de  $150\ \mu\text{m}$  –  $300\ \mu\text{m}$ , aparecen en la periferia de la dentina coronal y muy raramente en la dentina radicular.

*-Zona granulosa de Thomes:* es una franja oscura, y delgada de  $50\ \mu\text{m}$  aproximadamente; vecina a la unión cementodentinaria y paralela a ella en toda su longitud, localizada en la periferia de la dentina radicular.

*-Bandas dentinarias de Schreger:* representan el cambio de dirección de los túbulos al realizar la curvatura primaria.

-*Unión amelodentinaria y cementodentinaria*: la unión amelodentinaria se distingue como una línea bien nítida, al ser dos tejidos de diferentes estructuras. Mientras que el límite cementodentinario es poco evidente ya que ambos tejidos son muy similares.

- **Clasificación Histotopográfica de la dentina:**

En la dentina se consideran tres zonas: *Dentina del Manto*, es la primera en formarse y está ubicada en la periferia; *Dentina Circumpulpar*, corresponde al resto de la dentina producida y mineralizada; y *Predentina*, ubicada de manera adyacente a los odontoblastos de la pulpa y no es mineralizada (Teruel, J.D., et al., 2015, p 771).

### **2.3.3. Cemento**

Es un tejido conectivo mineralizado que se origina de la capa celular ectomesenquimática del folículo dental. Cubre la dentina a nivel radicular, su principal función es el anclaje de las fibras del ligamento periodontal a la raíz dental. El cemento carece de inervación propia por ende no tiene vascularización, no sufre remodelación, es de menor espesor a nivel del cuello con 20  $\mu\text{m}$  de ancho; por lo general, termina en bisel, extendiéndose ligeramente por el esmalte; tanto el cemento como la dentina radicular son más lábiles que los tejidos coronales y mayormente al estar expuestos ante un medio ácido. El colágeno es el principal componente del cemento, el mismo que se degrada fácilmente al estar expuesto al medio oral; sumado a ello el bajo contenido mineral de los tejidos radiculares, así como también lesiones no cariosas (abrasión, erosión, y abfracción) que producen el desgaste de los tejidos, dejan una dentina expuesta, desencadenando sensibilidad (Takahashi, N., & Nyvad, B., 2016, p. 425).

Arzate, H., Zeichner, M., & Mercado, G. (2014, p. 214) señalan las siguientes propiedades físicas del cemento:

-*Color*: es blanco nacarado, menos amarillento que la dentina y mucho más blanco que el esmalte.

-*Dureza*: es muy similar a la del hueso laminar, y menor que la dureza de la dentina y esmalte.

-*Permeabilidad*: es menos permeable que la dentina pese al mayor contenido de sustancia orgánica y a su menor densidad.

Para Yamamoto, T., Hasegawa, T., Yamamoto, T., Hongo, H., & Amizuka, N., 2016, p. 69 el cemento está conformado por matriz extracelular y elementos celulares:

-*Matriz Extracelular*: contiene 46 – 50% de materia inorgánica, compuesta por hidroxiapatita, carbonato de calcio y otros oligoelementos; 22% de materia orgánica compuesta por colágeno tipo I; y 32% de Agua.

-*Elementos celulares*: como cementoblastos, cementocitos, y otras células de contornos irregulares.

Histofisiológicamente, el cemento cumple con las siguientes funciones: proporcionar retención a las fibras colágenas del ligamento; controlar el ancho del espacio periodontal; permite transmitir fuerzas al ligamento periodontal; repara la superficie radicular mediante el depósito de cemento; y permite la compensación del desgaste dentario (Gómez de Ferraris, M., & Campos Muñoz, A., 1999, p. 246).

- **Tipos de Cemento:**

Yamamoto, T., et al., 2016, p. 70, describe los siguientes tipos de cemento:

- **Cemento fibrilar:** presenta dos tipos de cemento:

-Primario: se forma antes de la erupción dental, es acelular, predomina en la porción cervical, y es capaz de presentarse en toda la raíz en forma de una capa muy delgada.

-Secundario: o también llamado cemento celular, se deposita cuando el diente entra en oclusión y continuamente durante toda la vida; suele presentarse en el tercio apical de la raíz y posee mayor proporción de fibras intrínsecas

- **Cemento afibrilar:** se forma por degradación precoz del órgano de esmalte, carece de fibras de colágeno típicas de la región cervical.

#### **2.3.4. Pulpa**

Es un tejido conectivo laxo altamente vascularizado e innervado, alojado en el interior del diente; A nivel coronal se localiza la cámara pulpar que presenta un techo, y un piso, de donde salen varios conductos que penetran las raíces y terminan en uno o varios orificios hasta el ápice radicular. Tanto la dentina y la pulpa constituyen una unidad funcional denominada complejo dentino-pulpar, debido a la inclusión de las prolongaciones odontoblásticas de la pulpa en la dentina, las mismas que son las encargadas de transmitir la sensación dolorosa denominada Hipersensibilidad Dental (Araújo, P. R. de S., Silva, L. B., Neto, A. P. dos S., Almeida de Arruda, J. A., Álvares, P. R., Sobral, A. P. V., Sampaio, G. C., 2017, p. 49).



Según, Gharehkhani, S., Sadeghinezhad, E., Kazi, S., Yarmand, H., Badarudin, A., Safaei, M.R., & Zubir, M.N., 2015, p. 786, la pulpa está formada por 75% de agua y 25% de materia orgánica compuesta por células y matriz extracelular, representada por fibras y sustancia fundamental, que se describen a continuación:

- **Células:**

*Odontoblastos:* son células típicas del tejido pulpar, pertenecen a la pulpa y la dentina ya que su cuerpo se encuentra en la periferia pulpar y sus prolongaciones se alojan en los túbulos dentinarios. Los odontoblastos forman una empalizada que da lugar a la capa odontoblástica. *Fibroblastos:* son células principales y abundantes del tejido conectivo pulpar de la porción coronal, sintetizan fibronectina, forman y regulan el recambio de la matriz extracelular fibrilar y degradan colágeno. *Células Madre:* son capaces de diferenciarse en odontoblastos productores de dentina o en fibroblastos productores de matriz pulpar. *Macrófagos:* participan en el mecanismo de defensa del tejido por su capacidad de fagocitosis. *Células Dendríticas:* participan en la iniciación de la respuesta inmunológica primaria. Y *otras células* como: linfocitos, células plasmáticas, eosinófilos, y mastocitos que aparecen durante los procesos inflamatorios (Nutti, N., Corallo, C., Chan, B., Ferrari, M., & Gerami-Naini, B., 2016, p. 512).

- **Fibras:**

*Fibras Colágenas:* constituidas por colágeno tipo I, su distribución varía según la región, siendo escasas y de forma irregular a nivel coronal y a nivel radicular son abundantes y dispuestas de forma paralela. *Fibras Reticulares:* son fibras muy finas compuestas por colágeno tipo I y tipo III, se disponen al azar en el tejido pulpar excepto a nivel de zona odontoblástica donde forman el plexo de Von Korff. *Fibras Elásticas:* compuestas por elastina, son escasas y están localizadas en las paredes de los vasos sanguíneos aferentes. *Fibras de Oxilátán:* consideradas como fibras elásticas inmaduras que tienen funciones desconocidas. (Gharehkhani, S., et al., 2015, p.786).

- **Sustancia Fundamental**

Es un medio a través del cual las células reciben los nutrientes que provienen de la sangre arterial, y está constituida por proteoglicanos y agua; en las pulpas maduras el principal componente es ácido hialurónico y en las pulpas jóvenes es el dermatán sulfato (Araújo, P., et al., 2017, p.50).

Histofisiológicamente, la pulpa cumple con las siguientes funciones: induce al depósito y formación de dentina, nutre a la dentina a través de las prolongaciones odontoblásticas, responde ante los diferentes estímulos mediante el dolor, actúa de forma reparadora ante las agresiones, formando dentina peritubular o dentina terciaria. (Galler, K.M., 2016, p. 928).

- **Inervación:**

Los nervios mielinizados y no mielinizados penetran el foramen apical, acompañados del paquete vascular, siguiendo el recorrido de los vasos sanguíneos aferentes; algunos emiten prolongaciones en la periferia y forman plexos en la zona de Weil, tomando el nombre de plexo de Raschkow. Además, algunas fibras amielínicas se extienden hasta la predentina o tercio interno de la dentina (Hashemibeni, B., Khoroushi, M., Foroughi, M.R., Karbasi, S., & Khademi, A., 2017 p. 787).

## **2.4. Hipersensibilidad Dentinaria**

### **2.4.1. Definición**

Es un dolor agudo y corto, causado por la exposición de la dentina, de tal manera que los túbulos quedan expuestos al medio oral; este dolor es provocado por estímulos químicos, térmicos, táctiles y osmóticos. La gravedad de la

hipersensibilidad puede aumentar debido a la presencia de recesiones gingivales, enfermedad periodontal, o erosión dental (Kim, J., & Park, J.C., 2017, p. 211).

#### **2.4.2. Incidencia**

Según, Alcântara, P. M., Barroso, N. F. F., Botelho, A. M., De Oliveira, D. W., Gonçalves, P. F., & Flecha, O.D. (2018, p. 2) la hipersensibilidad dentinaria tiene una incidencia que oscila entre el 3% -98%. En este estudio, se evaluaron 8958 dientes de los cuales 3037 presentaron síntomas de hipersensibilidad y la edad media de los participantes fue de 24 años. Los dientes más afectados fueron molares, premolares y caninos.

Davari, A., Ataei, E., & Assarzadeh, H. (2013, p.2) señalan que esta patología prevalece en pacientes entre 20 a 50 años, siendo más frecuente en mujeres en edades comprendidas entre 30 a 40 años.

#### **2.4.3. Etiopatogenia**

Una serie de factores etiológicos son implicados en el proceso de sensibilidad dentinaria, entre las cuales se destacan: abrasión, erosión, abfracción, recesión gingival, calidad de hueso, enfermedad periodontal, hábitos del paciente, mal posición dental, etc.; que causan pérdida de esmalte y denudación del cemento (Gillam, D.G., 2017, p. 34).

Tusharluthra, L., Gupta, S., Bharadwaj, S., Choubey, A., Yadav, H., & Singh, H. (2015, p. 59) afirman que los estímulos no producen dolor cuando la dentina se encuentra recubierta por esmalte o cemento, mientras que, al estar expuesta se genera la hipersensibilidad, producida por estímulos químicos, térmicos, táctiles y osmóticos, la misma que se desarrolla en dos fases:

1. *Localización de la lesión:* implica la exposición de la dentina como resultado de la pérdida de esmalte o denudación del cemento, provocado por los factores anteriormente mencionados.
2. *Lesión de iniciación:* con la dentina expuesta, los túbulos dentinarios permanecerán abiertos en el medio oral, y como consecuencia cualquier estímulo, es capaz de provocar un movimiento de fluidos en el interior de los túbulos, activando mecanorreceptores en el complejo dentino-pulpar, lo que se traduce en hipersensibilidad dentinaria.

#### **2.4.4. Mecanismos de la Hipersensibilidad Dentinaria**

- **Teoría de Inervación Directa:** Existen fibras pertenecientes al plexo de Raschkow que se ubican dentro de los túbulos, que penetran la dentina y se dirigen a la UAD, por ende, los estímulos mecánicos transmiten directamente el dolor. Esta teoría fue descartada ya que según la Microscopía Electrónica de Barrido (MEB) se demostró que las fibras no penetraron en todos los túbulos más de 100  $\mu\text{m}$  (Tusharluthra et al., 2015, p. 60).
- **Teoría Odontoblástica:** afirma que los odontoblastos actúan como receptores del dolor y transmiten los impulsos nerviosos a la pulpa, siendo los encargados de producir la sensación de dolor; esta teoría fue rechazada por la ausencia de neurotransmisores en los odontoblastos para ayudar en

la sinapsis (Idon PI, Esan TA, Bamise CT, Mohammed ASA, Mohammed A, Ofuonye, ILN., 2017, p. 2).

- **Teoría Hidrodinámica:** fue descrita por Brännström, en donde afirma que los túbulos están llenos de líquido, denominado licor dentinario y su movimiento producido por estímulos, físicos, químicos u osmóticos da lugar a barorreceptores que conducen a una descarga neuronal. El movimiento del fluido puede ser hacia el interior de la pulpa o hacia el exterior de la dentina, lo que produce la sensación de dolor; actualmente esta teoría es la más aceptada (Cartwright, R.B., 2014, p. 17).

#### **2.4.5. Diagnóstico**

La clave fundamental del diagnóstico es una correcta anamnesis, descartando otras patologías entre las cuales se destacan: inflamación gingival, caries dental, dientes o restauraciones fracturados, enfermedad periodontal, pulpitis, sensibilidad post-blanqueamiento y otros problemas endodónticos; se recomienda hacer un diagnóstico diferencial para evitar confundir el dolor. Existen dos métodos para determinar la hipersensibilidad: 1. Mediante una serie de preguntas acerca de la molestia, indagando el tipo de dolor y en qué momentos sucede. 2. A través de un examen clínico, aplicando aire a presión o pasar un explorador mesiodistalmente en la zona donde refiere la molestia. El dolor puede ser categorizado en una escala como leve, moderado o severo o mediante una escala visual (Kim, J., & Park, J.C., 2017, p. 213).

#### **2.4.6. Tratamiento**

Las opciones de tratamiento se clasifican en los de uso profesional y los de uso casero o doméstico.

#### **2.4.6.1. Tratamiento de Uso Profesional**

La terapia en consultorio debe proporcionar un alivio inmediato, dentro de los cuales se distinguen:

*-Materiales que no se someten a una reacción de fraguado:* por ejemplo, barnices a base de oxalatos, que actúan por deposición de cristales en la dentina, barnices compuestos por fluoruros, en donde los iones de flúor de calcio se depositan lentamente, dando lugar a la flúorapatita, barnices de clorhexidina, que forman una barrera mecánica, proporcionando acciones antibacterianas, antiplaca y disminuyendo la sensibilidad (West, N., Seong, J., & Davies, M., 2015, p. 257).

*-Materiales que se someten a una reacción de fraguado:* como resinas y ionómeros de vidrio que sellan los túbulos y restauran al diente; Los ionómeros favorecen el proceso de remineralización, permitiendo la precipitación de calcio y fosfato, ocluyendo los túbulos dentarios (Tusharluthra et al., 2015, p. 62).

*-Tratamientos con láser:* las Terapias con Laser Nd-YAG ocluyen los túbulos dentarios, también se cree que el láser espesa el licor dentinario, bloqueando el movimiento de fluidos, controlando la hipersensibilidad (Kim, J., & Park, J.C., 2017, p. 214).

#### **2.4.6.2. Tratamientos de Uso Doméstico**

Corresponden a agentes desensibilizantes que son usados por parte del paciente en casa, por lo general son fáciles y rápidos de usar, su desventaja es que, controlan la sensibilidad alrededor de 2-4 semanas y posterior a ello los síntomas pueden volver a presentarse (Kim, J., & Park, J.C., 2017, p. 214).

Los más usados son:

*-Pastas desensibilizantes:* compuestos a base de nitrato de potasio en donde los iones de potasio evitan la repolarización de las fibras nerviosas, bloqueando la transmisión del impulso nervioso, controlando la sensación de dolor (Tobar, A., Soto, I., Da Venezia, C., Contreras, J., Morales, A., Carvajal, P., & Hernández, P., 2017, p.122).

Pastas compuestas por carbonato de calcio y arginina cuya acción es ocluir los túbulos abiertos, con capacidades adhesivas al interior del túbulo que disminuyen la conductividad hidráulica (Márquez, M., Quintero, A., Sanz, A., Ramírez, V., Inostroza, C., & Chaparro, A., 2011, p.22).

*-Enjuagues desensibilizantes:* los mismos incorporan compuestos a base de nitrato de potasio, lactato de aluminio y fluoruro de sodio. Molina, A., García, M., Montero, E., Tobías, A., Sanz, M., & Martín, C. (2016, p, 86) en su estudio probaron estos compuestos e incluyeron un compuesto placebo y concluyeron que la hipersensibilidad se redujo en todos los grupos inclusive en los que recibieron el placebo, el mismo que mostró mayores tasas de éxito, seguido del nitrato de potasio.

## **2.5. Hidroxiapatita**

La Hidroxiapatita (HA) es un mineral natural de la familia de las apatitas, con estructura cristalina, compuesto de fosfato de calcio, cuya fórmula es  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ . Es considerado como el principal componente de la matriz inorgánica de dientes y tejido óseo; además se constituye como uno de los materiales más versátiles debido a sus excelentes características de oseoconducción y oseointegración, lo cual permite su utilización en aplicaciones biomédicas (Baba, A., et al., 2013, p.435).

### **2.5.1. Composición Química**

El fosfato de calcio es componente principal de la Hidroxiapatita, por lo tanto, su composición química es similar a la fase mineral de hueso, la misma que contiene iones de Calcio y puede albergar dentro de su estructura cationes de Magnesio y sodio. Principalmente está constituida por 1 molécula de hidróxido de calcio y 3 de fosfato de calcio (Šupová, M., 2015, p. 9204).

### **2.5.2. Fuentes de Hidroxiapatita**

#### **2.5.2.1. Origen Natural**

La hidroxiapatita de origen natural se extrae de fuentes biológicas como huesos mamíferos: bovinos, camellos, caballos y cerdos; fuentes acuáticas como huesos de pescado o sus escamas; conchas marinas, cáscaras de huevos de aves, y algas, que constituyen una fuente origen natural de hidroxiapatita, cuya superficie es muy parecida a la del hueso. Por su parte, la piedra de Cal también constituye una fuente de origen natural, de la cual se puede extraer hidroxiapatita (Mohd, N., et al., 2019, p. 2).

#### **2.5.2.2. Origen Sintético**

La hidroxiapatita de origen sintético puede ser: cerámica y no cerámica.

*-La hidroxiapatita sintética cerámica:* está formada por partículas esféricas de alta densidad de gran pureza; su característica principal es la no reabsorción, lo que



facilita la aposición ósea y se la obtiene por medio del calentamiento de fosfatos de calcio (Dutta, S. R., Passi, D., Singh, P., & Bhuibhar, A., 2014, p.103).

*-La hidroxiapatita sintética no cerámica:* es similar a la porción mineral del tejido óseo humano, su característica principal radica en su reabsorción lenta, actuando como una matriz sobre la cual se deposita hueso y se la obtiene por precipitación química al combinar iones de calcio con fosfatos (Dutta, S., et al., 2014, p.104).

### **2.5.3. Síntesis de Hidroxiapatita**

La obtención de Hidroxiapatita involucra dos grandes métodos: la síntesis química húmeda y la síntesis química seca, los cuales se abordan a continuación.

#### **2.5.3.1. Síntesis Química Húmeda**

##### **-Por Precipitación**

Es un método fácil, rápido y económico, el mismo que consiste básicamente en la precipitación de Hidróxido de calcio y ácido fosfórico, posteriormente se controla el pH agregando amonio, se agita la solución a una temperatura de 70°C por una hora, se procede a la filtración y secado a 120°C por dos horas y luego se somete a calcinación a 850°C durante 4 horas; el tamaño de la partícula y su nanocristalinidad puede variar dependiendo de su proceso (Ramesh, S., Tan, C., Tolouei, R., Amiriyani, M., Purbolaksono, J., Sopyan, I., & Teng, W. D., 2012, p. 149).

### **-Sol Gel**

Es un método usado para la obtención de nano y micro partículas, involucra el uso de precursores de calcio y fósforo tales como ácido fosfórico y nitrato de calcio respectivamente, como solvente se usa metanol; dejándolo a temperatura ambiente durante 7 días y finalmente se calcina a una temperatura entre 300 a 700°C. Su principal desventaja es el elevado costo de los materiales y la necesidad de controles minuciosos (Liu, D., Troczynski, T.B., & Tseng, W., 2001, p. 1723).

### **-Hidrotermal**

Permite la obtención de hidroxiapatita de alta cristalinidad, este proceso involucra el uso de soluciones líquidas sometidas a temperaturas elevada (140 -500°C); Su desventaja radica en la dificultad para controlar el tamaño de las partículas del producto final (Buitrago, M., & Ossa, C., 2018, p. 284).

## **2.5.3.2. Síntesis Química Seca**

### **-Reacción en Estado Sólido**

Este método involucra el uso carbonato de calcio, fosfato monocálcico monohidratado, óxido de zinc y oxido de magnesio los mismo que son mezclados y sometidos a altas temperaturas (1000°C) con la finalidad de asegurar la cinética del proceso; su principal desventaja es el elevado consumo energético (Ramesh, S., et al., 2012, p. 150).

### 2.5.3.3. Métodos Químicos Mecánicos

Este método requiere hidróxido de calcio y fosfato de diamonio en estado sólido; estos compuestos son sometidos a molienda seca o húmedo, para lo cual son colocados en solventes con altas temperaturas (700°C), dicho proceso permite la obtención de cristales de HA de mayor tamaño (Adzila, S., Sopyan, I., & Hamdi, M., 2011, p. 112).

### 2.5.3.4. Síntesis a Partir de una Fuente Natural

Los materiales para la obtención de Hidroxiapatita que provienen a partir de fuentes naturales requieren una transformación fundamental que implica múltiples técnicas y enfoques, dependiendo de la fuente primaria que se use. Mediante la Figura 2 se ha tratado de simplificar las fuentes naturales de HA y los procesos para su síntesis (Mohd, N., et al., 2019, p. 9208).

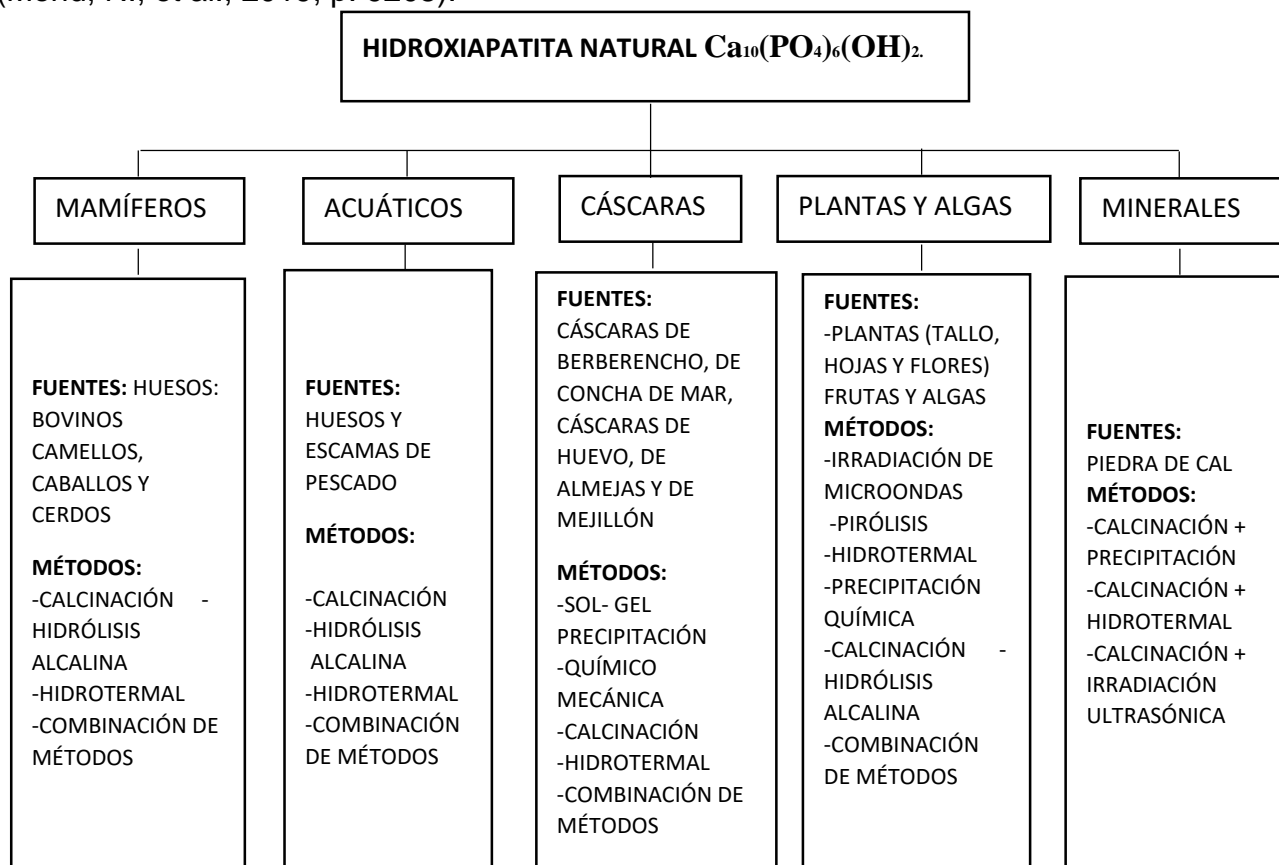
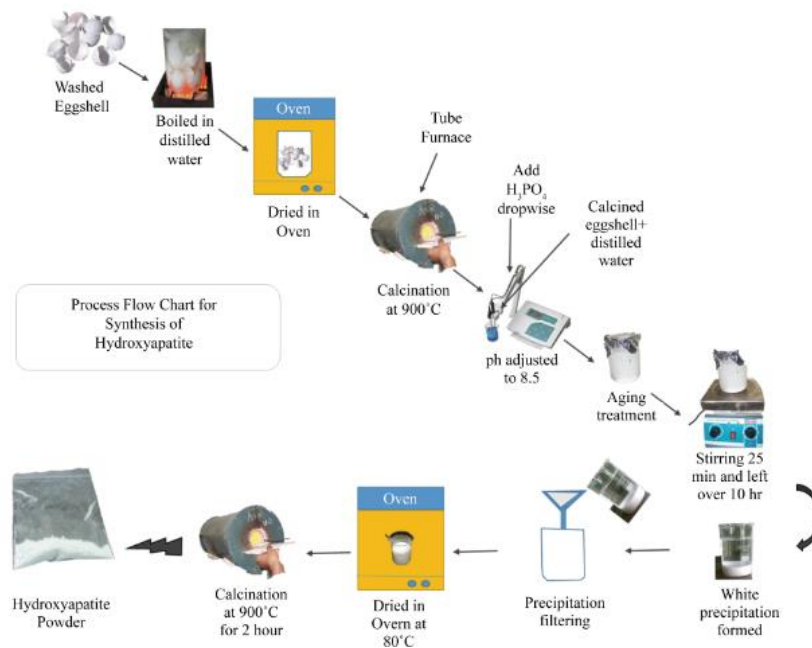


Figura 2: Fuentes y métodos de síntesis de Hidroxiapatita Natural Tomado de Mohd, N., et al., 2019, p. 9208

La síntesis de la Hidroxiapatita ha a través de varias rutas, considerando ciertos métodos más complejos que otros, incluyendo la obtención de la fuente natural; es así que durante los últimos años la conversión de desechos ha tomado un gran impulso, siendo de interés para el campo biomédico y sus aplicaciones, dentro los cuales se resalta la cáscara de huevo por su facilidad de recolección y también por el método de síntesis, ya que permite una HA altamente pura y nanocrystalina (Abdulrahman, I., et al., 2014, p. 3).

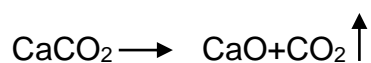
### -Síntesis a partir de Cáscara de Huevo:

Khandelwal, H., & Prakash, S., en el 2016 (p.119) señalan que las cáscaras de huevo contienen principalmente: carbonato de calcio (91% - 94%), fosfato de calcio (1%) y otras materias orgánicas, lo que las hace preferibles para la síntesis de Hidroxiapatita. El método usado es el químico húmedo por precipitación el cual sigue el orden que se muestra en la Figura 3.



**Figura 3.** Protocolo de Obtención de HA a partir de cáscara de huevo. Tomado de Khandelwal, H., & Prakash, S., 2016, p.119

1. Cáscaras de huevos lavadas con agua desionizada, posteriormente son hervidas en agua destilada por 30 min y secar en un horno a 105°C por 5 minutos. La reacción ocurrida se expresa de la siguiente manera:



2. Calcinación, mediante un horno tubular a 900°C, durante 1 hora; dando lugar a óxido de Calcio. En esta reacción, el CaO se transforma en Ca (OH)<sub>2</sub> como se muestra:



3. Para convertir en polvo las cáscaras calcinadas se usa un mortero y pistilo; agregar al polvo, 100 ml de agua destilada y posteriormente añadir ácido fosfórico H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, agitando durante 25 min, para disminuir el pH a 8,5; la solución se mantiene por 10 h al ambiente produciendo precipitación por endurecimiento. Dando lugar a la siguiente reacción:



4. Formación de un precipitado blanco, el mismo que se filtra con papel de filtro y se lava cuidadosamente con agua destilada y se filtra nuevamente.
5. Secado en horno a 80°C
6. La precipitación se calcina adicionalmente a 900°C durante 2 horas en el horno de tubo. Al final del proceso se evidenciarán aglomerados cristalinos de color blanco de Hidroxiapatita (Khandelwal, H., & Prakash, S., 2016, p.120).

#### 2.5.4. Propiedades

La Hidroxiapatita está presente en dientes y huesos, confiriéndoles su dureza característica, pertenece a la familia de las apatitas y presenta una estructura hexagonal, con el grupo espacial P63 /m (Baba, A., et al, 2013, p. 434).

Dentro de sus propiedades se destacan:

- *Remodelador Óseo:* Los principales componentes sólidos de hueso humano son el colágeno y una hidroxiapatita (cerámica natural, también encontrado en dientes). Al ser componente de los tejidos duros del cuerpo humano la HA es capaz de promover la regeneración ósea, proporcionando un matriz que estimula la aposición de hueso (Lee, S., et al., 2014, p. 115).
- *Control de la Sensibilidad dentinaria:* los cristales de HA son capaces de ocluir los túbulos dentinarios expuestos que se producen en la sensibilidad dental, debido a la composición bioquímica de estos cristales son considerados eficaces para el control de esta condición clínica (Vano, M., et al., 2017, p. 314).
- *Biocompatibilidad:* la HA al revestir los tejidos mineralizados del cuerpo, ha demostrado ser un material noble, el mismo que es compatible con estos tejidos, ya que presenta dentro su composición calcio, fosforo e hidrógeno; iones fundamentales que otorgan biofuncionalidad a los tejidos que los recubren (Wahl, D., & Czernuszka, J., 2006, p. 45).

#### 2.5.5. Aplicaciones de la Hidroxiapatita

La Hidroxiapatita es un cristal que ha incursionado ampliamente en la biomedicina, dado que es uno de los principales componentes de los tejidos duros; el mismo que ha sido aplicado en campos como: la ortopedia, oftalmología y odontología. En

ortopedia ha dado excelentes resultados la hidroxiapatita bovina, porcina, y humana. Se han probado también precursores como los fosfatos y carbonatos de calcio sobre todo en la práctica odontológica. Este compuesto ha sido testado como regenerador óseo, al actuar como un andamio para el llenado de defectos óseos, pero las tendencias emergentes de la propiedad osteoinductora de la Hidroxiapatita son muy prometedoras (Kattimani, V., Kondaka, S., & Lingamaneni, K., 2016, p. 12).

No obstante, también puede ser usado como agente remineralizante de lesiones cariosas, debido a su alto contenido mineral (Haghighoo, R., Mehran, M., Ahmadvand, M., & Ahmadvand, M., 2016, p. 435). Así como también es ideal para el control de la sensibilidad dental, gracias a su capacidad para ocluir los túbulos dentinarios (Vano, M., et al., 2017, 314).

#### **2.5.5.1. Usos de la Hidroxiapatita en Odontología**

*-Pastas dentales con Hidroxiapatita:* el esmalte dental sufre una desmineralización de forma gradual por diversos motivos, entre las cuales se destacan lesiones cariosas y lesiones no cariosas (erosión, abfracción, abrasión, etc); los dentífricos con Hidroxiapatita son coadyuvantes dentro del proceso de remineralización, aumentando el potencial preventivo de los mismos, dando lugar a una más profunda y rápida remineralización del sustrato dental, debido a la presencia de iones adicionales de Calcio y Fosfato (Amaechi, B., et al., 2019, p. 2).

A nivel dentinario, la implementación de Hidroxiapatita en las pastas dentales, ayudan al control de la hipersensibilidad dentinaria, produciendo la obliteración total o parcial de los túbulos, mediante el depósito de Fosfatos de Calcio en su interior, resultando eficaz para el tratamiento de la Sensibilidad Dentinaria (Bakry, A.S., Al-Hadeethi, Y., & Razvi, M.A., 2016, p. 2).

Incluso los dentífricos a base de Hidroxiapatita, se pueden aplicar para el control de la sensibilidad post blanqueamiento debido a su alta efectividad; además de ello contribuyen de manera positiva en el aclaramiento, dando como resultado mayor brillo y una superficie lisa del esmalte dental (Meyer, F., & Enax, J., 2019, p. 288).

*-Geles con Hidroxiapatita:* La remineralización depende de la disponibilidad de calcio, fosfato y iones hidroxilo. Los mismos que son compuestos que provienen de la Hidroxiapatita; usados con la finalidad de favorecer el proceso de remineralización dental en lesiones cariosas tempranas, los cuales son altamente efectivos para la prevención de caries y remineralización del esmalte (Bandeekar, S., Patil, S.H., Dudulwar, D., Moogi, P.P., Ghosh, S., & Kshirsagar, S.P., 2019, p. 308).

*-Enjuagues con Hidroxiapatita:* los enjuagues bucales con hidroxiapatita contienen zinc, y producen los mismos efectos que las pastas dentales con este mineral, además de ello previenen la proliferación de bacterias en la cavidad oral y su gran ventaja es que la hidroxiapatita presente reemplaza la clorhexidina, evitando la decoloración de los dientes (Pajor, K., et al., 2019, p.6).



*-Recubrimiento de implantes dentales:* la Hidroxiapatita puede ser usada como material de recubrimiento de un implante dental fomentado la oseointegración, dando como resultado una mejor unión entre el tejido óseo y el implante, aumentando el proceso de diferenciación celular y el crecimiento del hueso. Favoreciendo una fijación temprana del implante a los tejidos circundantes debido a sus propiedades bioactivas y osteoconductoras (Ratán, PV, Sidhu, TS, & Mittal, M., 2015, p. 34).

*-Regeneración Ósea:* El proceso de regeneración ósea requiere una señal osteoinductiva, una matriz que cumpla las funciones de andamio para la formación de tejido óseo y células diferenciadas; el uso de HA en defectos óseos asociado con fibroína de seda proporciona estos requisitos para la formación de hueso y conservación del alveolo dental, constituyendo un excelente material como sustituto óseo (Nie, L., et al., 2019, p. 1399).

*-Cementos o Ionómeros de Vidrio con Hidroxiapatita:* estos materiales son usados como rellenos para lesiones cariosas, el rol de la hidroxiapatita como parte de estos biomateriales dentales es aportar positivamente en las propiedades mecánicas del material, mejorando el proceso de adhesión y evitando el riesgo de caries secundaria (Pajor, K., et al., 2019, p. 6).

### **3. Objetivos e Hipótesis**

#### **3.1. Objetivo General**

-Determinar la eficacia del gel de hidroxiapatita obtenido a partir de cáscaras de huevo para obliterar los túbulos dentinarios.

#### **3.2. Objetivos Específicos**

1. Comparar la capacidad de obliteración de los túbulos dentinarios entre los productos evaluados en las microfotografías obtenidas en la microscopía electrónica de barrido mediante las escalas cuantitativa y cualitativa.

#### **3.3. Hipótesis**

El gel de hidroxiapatita no tendrá la misma capacidad de obliteración tubular que los productos comerciales evaluados.

## **4. Metodología**

### **4.1. Tipo de Estudio**

La presente investigación es de tipo Experimental Cuantitativo Transversal, ya que permite una recolección sistemática de información y a su vez analiza el efecto del gel de hidroxiapatita, Pasta Sensodyne Rápido Alivio, Colgate Sensitive Pro Alivio y Nano P en una muestra establecida (Garcés & Duque, 2007, P. 186).

### **4.2. Muestra**

La muestra usada en ésta investigación es de 16 terceros molares sanos, de reciente extracción, los mismos que fueron conservados en suero fisiológico. Los mismos que se dividieron en 4 grupos (n=4):

**Grupo 1:** Hidroxiapatita [**HA**].

**Grupo 2:** Flúor y fosfato de calcio nanoestructurado [**FNP**] (Nano P, FGM, Brasil).

**Grupo 3:** Pasta dental con arginina [**PRO**] (Colgate Sensitive Pro alivio).

**Grupo 4:** Pasta dental con fluoruro de estaño [**SEN**] (Sensodyne rápido alivio)

### **4.3. Criterios de Inclusión y Exclusión**

#### **4.3.1. Criterios de Inclusión:**

- Terceros molares extraídos por indicaciones desconocidas.
- Terceros Molares sin alteraciones del esmalte
- Terceros Molares con superficies lisas sin presencia de caries, fractura o fisura en el esmalte

#### **4.3.2. Criterios de Exclusión:**

- Terceros Molares con dentina expuesta.
- Terceros Molares con lesiones no cariosas como abrasión, erosión o abfracción.

### **4.4. Técnicas e Instrumentos:**

La presente investigación se divide en dos fases experimentales:

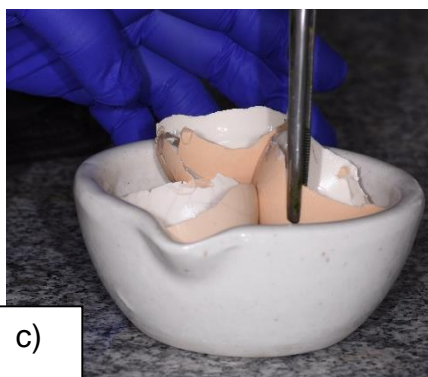
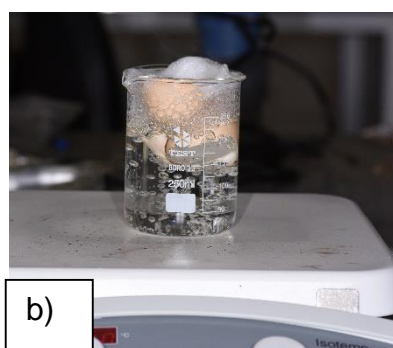
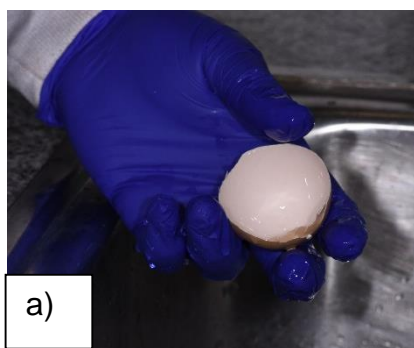
**Fase 1:** *Elaboración del Gel de Hidroxiapatita a partir de cascarás de huevo:*

#### Materiales y Equipos:

- Agua desionizada
- Huevos de gallina de campo
- Ácido fosfórico
- Agua destilada
- Agitador magnético
- Papel filtro
- Sustancia gelificante (Glicerol)
- Horno de tubo

El procedimiento sigue el protocolo de Khandelwal, H., & Prakash, S., 2016:

1. Cáscaras de huevos lavadas con agua desionizada, posteriormente son hervidas en agua destilada por 30 min y secar en un horno a 105°C durante 5 minutos.



*Figura 4: Preparación de Cáscaras de Huevo.*

Adaptado de (Al-Saud y Al-Nahedh 2012).

- a) Cáscaras de huevo lavadas.
- b) Cáscaras de huevo hirviendo.
- c) Cáscaras de huevo listas para secar.
- d) Cáscaras en el horno.

2. Calcinación, mediante un horno tubular a  $900^{\circ}\text{C}$ , durante 1 hora; dando lugar a óxido de Calcio.

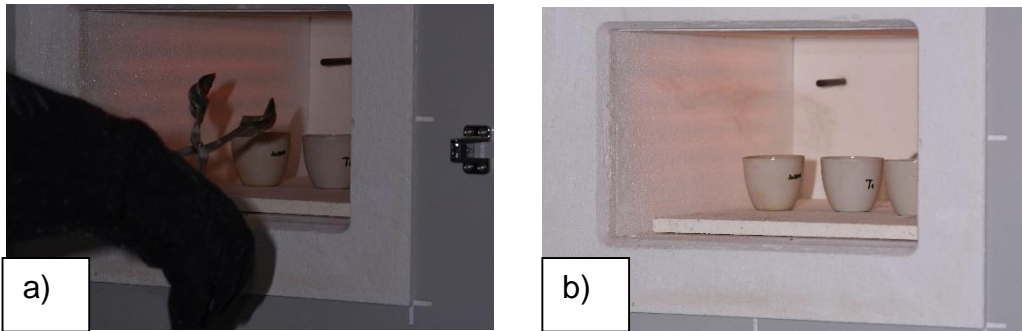


Figura 5: Calcinación de Cáscaras de Huevo.

Adaptado de (Al-Saud y Al-Nahedh 2012).

- a) Colocación de cáscaras de Huevo en el Horno.
- b) Muestras Calcinadas.

3. Para convertir en polvo las cáscaras calcinadas se usa un mortero y pistilo; agregar al polvo 100 ml de agua destilada y posteriormente añadir ácido fosfórico  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , agitando durante 25 min, para disminuir el pH a 8,5; la solución se mantiene por 10 horas al ambiente produciendo precipitación por endurecimiento.

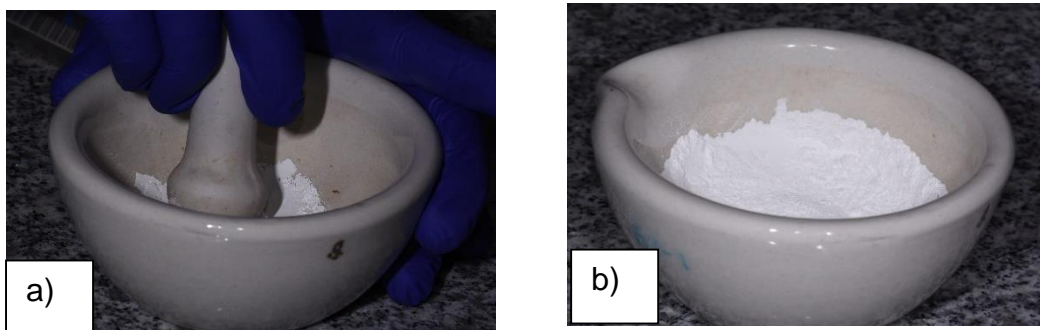
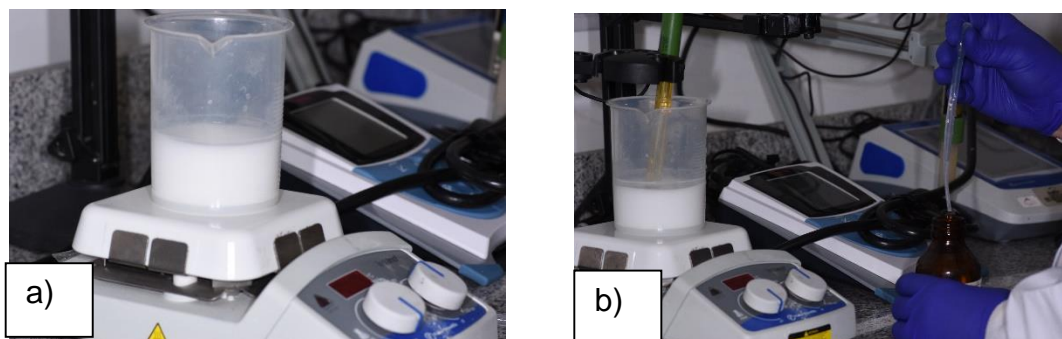


Figura 6: Cáscaras de huevo molidas.

Adaptado de (Al-Saud y Al-Nahedh 2012).

- a) Proceso de molido de las cáscaras calcinadas.
- b) Polvo final de las cáscaras de huevo calcinadas.

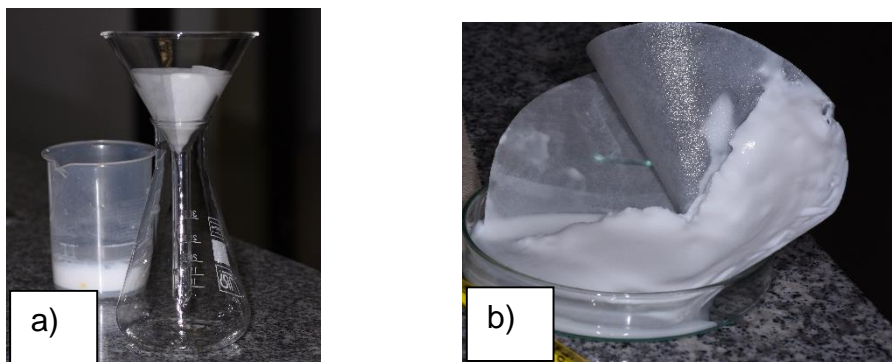


*Figura 7:* Proceso de estabilización del pH agregando A. Fosfórico.

Adaptado de (Al-Saud y Al-Nahedh 2012).

- a) Polvo de cáscaras de huevo con agua destilada.
- b) Solución lista, para mediar el pH agregando Ácido fosfórico.

4. Formación de un precipitado blanco, el mismo que se filtra con papel de filtro y se lava cuidadosamente con agua doblemente destilada y se filtra nuevamente.



*Figura 8:* Proceso de filtración.

Adaptado de (Al-Saud y Al-Nahedh 2012).

- a) Filtrado de precipitación.
- b) Resultado del filtrado.

## 5. Secado en horno a 80°C



a)

*Figura 9: Proceso de Secado en horno.*

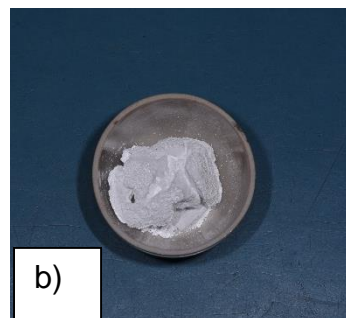
Adaptado de (Al-Saud y Al-Nahedh 2012).

a) Horno que aloja el resultado de la precipitación filtrada.

6. La precipitación se calcina adicionalmente a 900°C durante 2 horas en el horno de tubo como. Al final del proceso se evidenciarán aglomerados cristalinos de color blanco de Hidroxiapatita.



a)



b)

*Figura 10: Calcinación Adicional*

Adaptado de (Al-Saud y Al-Nahedh 2012).

a) Calcinación de precipitación.

b) Polvo Final de HA.



*-Caracterización del gel de Hidroxiapatita:*

El producto obtenido se analiza mediante MEB (Microscopía Electrónica de Barrido), EDS (Espectrometría de Dispersión de Rayos X) XRD (Disfractor de Rayos X) mismo que permite determinar la pureza del compuesto obtenido. Para la caracterización final se agrega al polvo de HA, una sustancia gelificante como el glicerol, en proporción 1:1; la misma que no altera las propiedades del mismo (Mejía, H., et al., 2018).

Las pastas utilizadas en el presente estudio se describen en la Tabla 1:

*Tabla 1.* Compuestos utilizados en la investigación

<b>Material</b>	<b>Lote</b>	<b>Composición</b>
Colgate Sensitive Pro alivio	<b>9167BR121C</b>	Arginina 8%, Monofluorofosfato de Sodio 1,1% (1450ppm de flúor)
Sensodyne rápido alivio	<b>8070CKWA</b>	Fluoruro de estaño al 0,454% p / p, fluoruro de sodio al 0,0721% p / p (total flúor: 1426ppm)
Nano P	<b>150819</b>	Hidroxiapatita (20%) nanoestructurada, nitrato de potasio 5% flúor 9000ppm
Hidroxiapatita de la cáscara de huevo	-	Calcio 29,54%; fósforo 11,59%, oxígeno, 47,97; carbono: 10,90%

**Fase dos: Preparación de la Muestra para MEB**

1. Cortar la raíz por debajo del límite amelocementario, exponer la superficie dentinaria a nivel oclusal y vestibular hasta visualizarse a 1 mm de la pulpa, mediante lijas empezando con la de mayor grano y terminando con la más fina; realizar muesca de división por pieza dental de la zona Control y tratamiento, y pulir con rueda de felpa y pasta diamantada.



Figura 11: Muestras preparadas (n=4).

Adaptado de (Al-Saud y Al-Nahedh 2012).

a) Superficies dentales desgastadas.

3. Colocar las muestras en ultrasonido durante 30 min (Agua tipo 1)



Figura 12: Muestras en ultrasonido

Adaptado de (Al-Saud y Al-Nahedh 2012).

a) Muestras en ultrasonido con agua tipo I

4. Colocar EDTA al 17% por 2 min en las superficies control y tratamiento, frotando de manera constante con microbrush, lavar por 30 segundos y secar.



*Figura 13: Aplicación de EDTA.*

Adaptado de (Al-Saud y Al-Nahedh 2012).

- a) Muestras con EDTA al 17%.
- b)

5. Aislar con teflón la zona control, y aplicar pasta Colgate, y sensodyne, por 1 minuto frotando con microbrush, y compuesto de Hidroxiapatita por 7 minutos y Nano P durante 5 minutos y lavar.



*Figura 14: Aislamiento de la superficie control de la muestra.*

Adaptado de (Al-Saud y Al-Nahedh 2012).

a) Aislamiento de zona control, para aplicación de pasta en zona experimental.

6. Colocar las muestras en ultrasonido durante 5 min, y finalmente dejar en el horno a 37 grados durante 24 horas.



*Figura 15:* Muestras en ultrasonido con agua destilada.

Adaptado de (Al-Saud y Al-Nahedh 2012).

a) Muestras en ultrasonido, listas para secado.

7. Microscopia Electrónica de Barrido: La muestra será fijada en un Stub para microscopía electrónica utilizando dos capas de cinta de carbono doblefaz conductora y luego cubierta por 60 segundos con una capa de aproximadamente 20nm de oro conductor (pureza de 99.99%) usando un evaporador (sputtering evaporator) Quorum Q150R ES previo al análisis. Las micrografías se llevan a cabo en el Microscopio Electrónico de Barrido (SEM) marca TESCAN modelo MIRA 3. Las observaciones se realizaron con el detector de Electrones Secundarios (SE).

### **Fase tres:** *Medición de la obliteración tubular*

Se obtendrán 3 imágenes de cada mitad y la obliteración tubular será cuantificada con dos métodos:

1. Evaluación Cuantitativa: Porcentaje de obliteración total o parcial a partir de la fórmula:  $\text{número de túbulos obliterados parcial o totalmente} \times 100 / \text{número total de túbulos}$  (Al-Saud y Al-Nahedh 2012);
2. Evaluación cualitativa: Ranking de las características de la superficie, realizada por dos evaluadores ciegos según la siguiente escala (Al-Saud y Al-Nahedh 2012):
  - a. Túbulos dentinarios parcialmente ocluidos y orificios dentinarios son ligeramente más pequeños.
  - b. Túbulos dentinarios en su mayoría ocluidos, superficie dentinaria no muestra una película o precipitado.
  - c. Túbulos dentinarios en su mayoría ocluidos; superficie dentinaria parcialmente cubierta con una película o precipitado o muestra alguna alteración en la superficie.
  - d. Todos los túbulos dentinarios totalmente ocluidos y la superficie está totalmente cubierta con precipitado y/o una película de resina.

## 5. Resultados

### 5.1. Análisis de Resultados

La tabla 2 indica que Nano P y la hidroxiapatita de la cáscara de huevo producen mayor obliteración tubular en la cara oclusal al presentar un 75% de las muestras con categoría C según el análisis cuantitativo. Ningún producto presentó obliteración tipo D.

*Tabla 2.* Análisis cualitativo de la obliteración tubular de la cara **oclusal**.  
Porcentaje de muestras.

Tratamiento	Categoría				
	A	B	C	D	
<b>Colgate</b>	75%	25%	0	0	c
<b>Sensodyne</b>	50%	0	50%	0	b
<b>Hidroxiapatita cáscara de huevo</b>	0	25%	75%	0	a
<b>Nano P</b>	25%	0	75%	0	a,b

**A=** túbulos dentinarios parcialmente ocluidos y orificios ligeramente más pequeños con poco o ningún precipitado

**B=** túbulos dentinarios en su mayoría ocluidos, la superficie dentinaria no muestra película o precipitado

**C=** túbulos dentinarios en su mayoría ocluidos, superficie dentinaria parcialmente cubierta con una película o precipitado o muestra alguna alteración en la superficie

**D=** todos los túbulos dentinarios totalmente ocluidos y la superficie es totalmente cubierta con precipitado

**Nota:** Letras minúsculas iguales indican que no existe diferencia significativa entre los grupos.

Se observa en la tabla 3 que Sensodyne a pesar de tener su mayoría de muestras con categoría A, es el único grupo que presenta categoría D en una muestra. Nano P es el producto que presenta mayor número de muestras en la categoría C.

*Tabla 3.* Análisis cualitativo de la obliteración tubular de la cara **vestibular**.  
Número de muestras (porcentaje de muestras).

Tratamiento	Categoría				
	A	B	C	D	
Colgate	50%	25%	25%	0	c
Sensodyne	75%	0	0	25%	c,b
Hidroxiapatita cáscara de huevo	50%	25%	25%	0	a
Nano P	25%	0	75%	0	a,b

**A=** túbulos dentinarios parcialmente ocluidos y orificios ligeramente más pequeños con poco o ningún precipitado

**B=** túbulos dentinarios en su mayoría ocluidos, la superficie dentinaria no muestra película o precipitado

**C=** túbulos dentinarios en su mayoría ocluidos, superficie dentinaria parcialmente cubierta con una película o precipitado o muestra alguna alteración en la superficie

**D=** todos los túbulos dentinarios totalmente ocluidos y la superficie es totalmente cubierta con precipitado

**Nota:** Letras minúsculas iguales indican que no existe diferencia significativa entre los grupos.

## Superficie oclusal

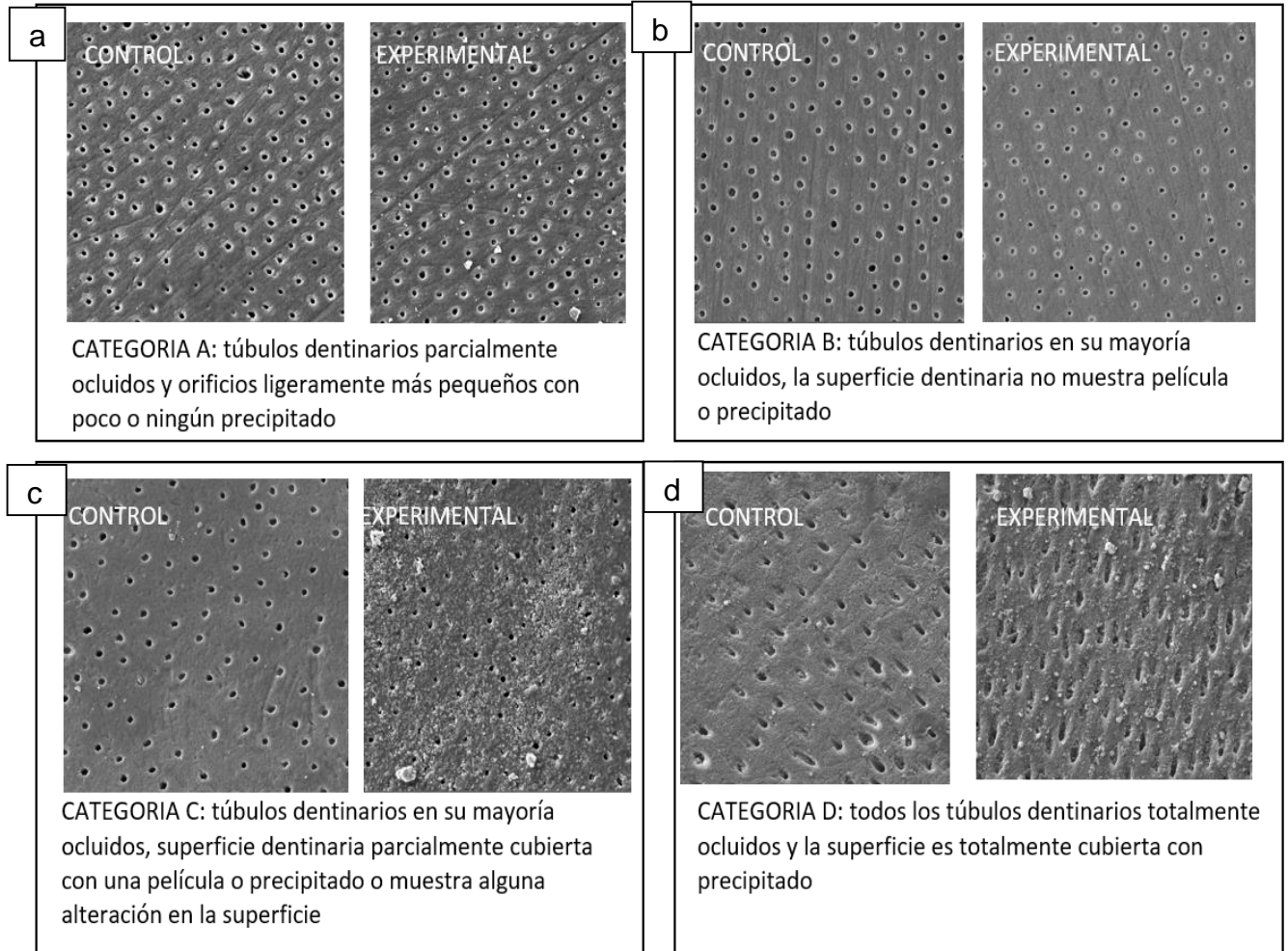
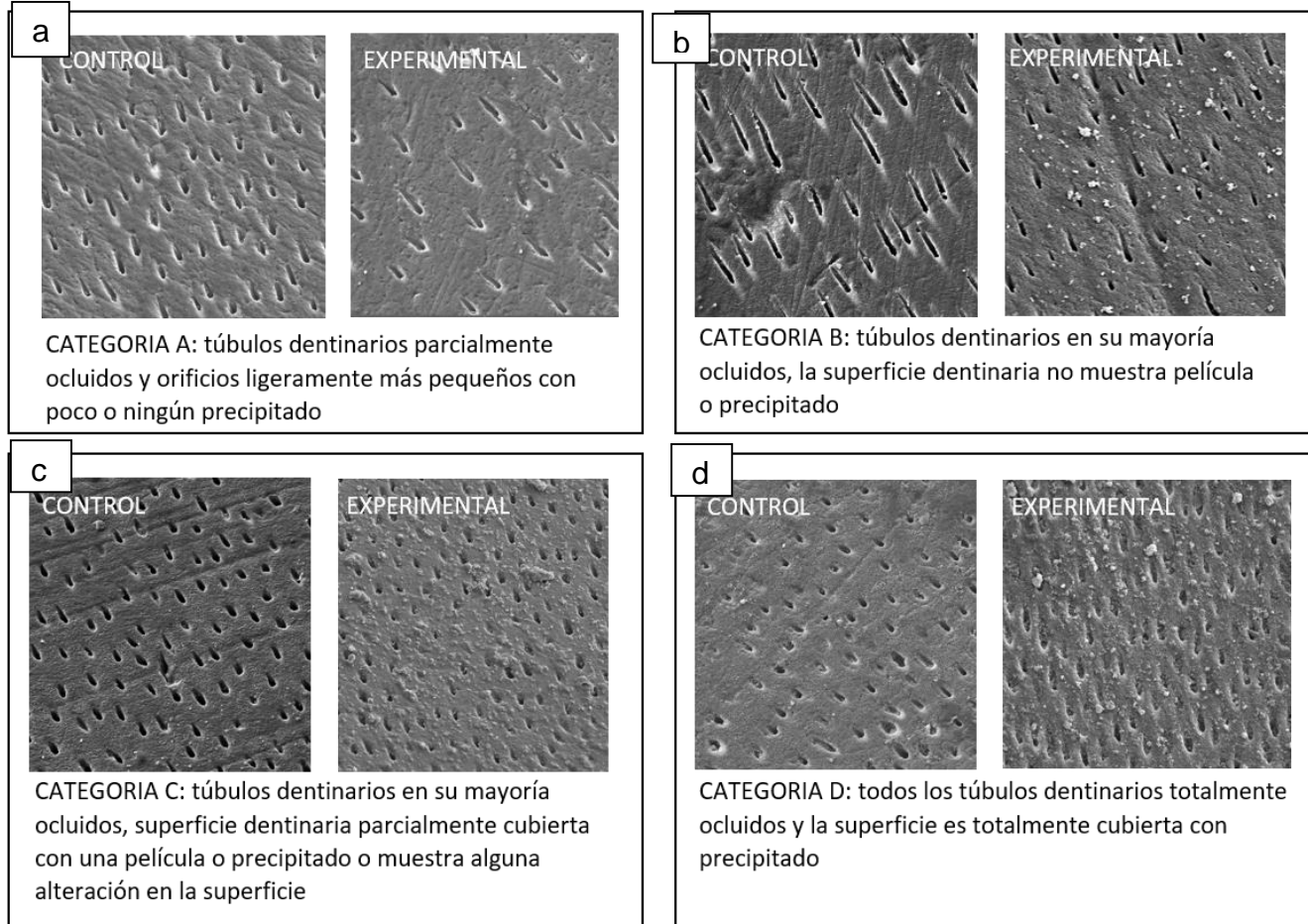


Figura 16: Muestras en MEB de la Superficie Oclusal

- a) **A=** túbulos dentinarios parcialmente ocluidos y orificios ligeramente más pequeños con poco o ningún precipitado
- b) **B=** túbulos dentinarios en su mayoría ocluidos, la superficie dentinaria no muestra película o precipitado
- c) **C=** túbulos dentinarios en su mayoría ocluidos, superficie dentinaria parcialmente cubierta con una película o precipitado o muestra alguna alteración en la superficie
- d) **D=** todos los túbulos dentinarios totalmente ocluidos y la superficie es totalmente cubierta con precipitado



## Superficie vestibular



e)

Figura 17: Muestras en MEB de la Superficie Vestibular

- a) **A=** túbulos dentinarios parcialmente ocluidos y orificios ligeramente más pequeños con poco o ningún precipitado
- b) **B=** túbulos dentinarios en su mayoría ocluidos, la superficie dentinaria no muestra película o precipitado
- c) **C=** túbulos dentinarios en su mayoría ocluidos, superficie dentinaria parcialmente cubierta con una película o precipitado o muestra alguna alteración en la superficie
- d) **D=** todos los túbulos dentinarios totalmente ocluidos y la superficie es totalmente cubierta con precipitado

El análisis cuantitativo demuestra que en la cara oclusal y vestibular, la hidroxiapatita de la cáscara de huevo y el Nano P producen mayor obliteración tubular. Se puede observar que Colgate y Sensodyne en la cara vestibular

presentan mejor obliteración tubular que en la cara oclusal, sin embargo, son los productos que causan menor obliteración.

*Tabla 4.* Análisis cuantitativo de la obliteración tubular de la cara oclusal y vestibular

Tratamiento	Obliteración tubular	
	Cara oclusal	Cara vestibular
<b>Colgate</b>	57,6 ± 4,7 D	71,8 ± 5,5 C
<b>Sensodyne</b>	72,0 ± 3,1 C	80,0 ± 2,6 B
<b>Hidroxiapatita cáscara de huevo</b>	84,3 ± 4,1 A,B	80,2 ± 5,0 B
<b>Nano P</b>	90,4 ± 1,8 A	84,3 ± 4,8 A,B

Los datos son obtenidos de la fórmula:

$$\frac{\text{Número de túbulos obliterados total o parcialmente} \times 100}{\text{Número total de túbulos}}$$

**Nota:** Letras iguales indican que no existe diferencia significativa entre los grupos.

## 6. Discusión

La Hidroxiapatita (HA), constituye un material eficaz para el tratamiento de la Hipersensibilidad dentinaria. Vano, M., et al., (2017, p.318) reportan la superioridad de este compuesto al ser comparada con una pasta con flúor y un placebo, en donde indican que su mecanismo de acción radica, en la capacidad de la nanopartícula para ingresar en el túbulo dentinario y ocluirlo, controlando de manera eficaz la sintomatología dolorosa. La presente investigación confirma la superioridad de la hidroxiapatita, tanto, en forma nanoestructurada, como también la obtenida a partir de la cáscara de huevo, la misma que tiene la capacidad de obliterar los túbulos dentinarios, resultando adecuada para el manejo de la hipersensibilidad. De la misma manera, Wang, L., Magalhães, A., Francisconi-dos-Rios, L., Calabria, M., Araújo, D., Buzalaf, M., & Pereira, J. (2016, p. 7) señalan que la Nanohidroxiapatita da lugar a la precipitación de sales de Calcio y Fosfato que obliteran los túbulos, evitando el movimiento de fluidos y por ende el estímulo nervioso; es así, que su investigación constata la efectividad de las Nanopartículas de HA.

Kulal, R., Jayanti, I., Sambashivaiah, S., & Bilchodmath, S. (2016, p.4) evaluaron la oclusión de los túbulos dentinarios de tres compuestos, entre ellos la nanohidroxiapatita, novamin y proarginina; la Microscopia electrónica de barrido concluyó que la HA nanoparticulada fue superior a los otros dos compuestos, demostrando una alta capacidad para obliterar los túbulos dentinarios. Lo mismo, que se demuestra en la presente investigación, que determina la superioridad de la Hidroxiapatita frente a compuestos a base de Arginina y Fluoruro de estaño, reafirmando la capacidad del fosfato de calcio para ocluirlos túbulos dentinarios; resaltando de manera fundamental el tamaño de la partícula de HA, en donde se demuestra que la nanopartícula es ideal para la obliteración de los túbulos

dentinarios; No obstante, resulta muy interesante la obtención del fosfato de calcio a partir de fuentes naturales como la cáscara de huevo, que constituye un método eficaz, económico y fácil de realizar.

Por su parte, Low, S. B., Allen, E. P., & Kontogiorgos, E. D. (2015, p. 93) indican que no solamente la nanohidroxiapatita es eficaz para el control de la Hipersensibilidad, pues en su estudio clínico, probaron una pasta que incorpora: nitrato de potasio, monofluorofosfato de sodio, antioxidantes (floretilina, ácido ferúlico y silimarina), e hidroxiapatita nanoparticulada como compuesto principal, concluyendo que la sensibilidad se redujo a los dos días en un 50 a 75%, y a las dos semanas de uso, la mejoría fue mayor con un 70-85%; según este estudio basta una sola aplicación diaria para reducir de manera significativa el dolor que provoca la Sensibilidad dentinaria.

Mientras que, Amaechi, B. T., Lemke, K. C., Saha, S., & Gelfond, J. (2018, p. 575) reportaron datos contradictorios, en donde la Nanohidroxiapatita fue superada por una crema dental a base sílice combinada con nanosílice hidratada, según la escala de dolor dental en cuatro puntos (DPS) la reducción de la sensibilidad en todos los puntos fue mucho mejor con la pasta de sílice. A pesar de ello, es necesario destacar que el estudio realizado por Amaechi, et al., (2018) es clínico, mientras que la investigación en curso es *in vitro*, y los resultados fueron analizados mediante Microscopia electrónica de barrido, por lo cual es justificable la variación de los resultados obtenidos.

Bennett, et al., (2015, p. 4) señalan que la Nanohidroxiapatita promueve una significativa oclusión de los túbulos, la misma que es superior a cremas dentales con Novamin, y Monofluorofosfato de Sodio; lo cual se verificó en Microscopia electrónica de barrido, en donde se observaron túbulos completamente obliterados en el grupo de la Hidroxiapatita nanoestructurada, y la presencia de un precipitado sobre el sustrato dental, además el compuesto fue aplicado durante 1 minuto por 14 días; lo cual se corrobora con la presente investigación en donde los grupos que contienen hidroxiapatita continúan siendo superiores a los que poseen arginina y fluoruro de estaño a pesar de la única aplicación, considerando a la hidroxiapatita como un agente altamente eficaz para la obliteración de los túbulos.

Un factor determinante el proceso de obliteración tubular con Hidroxiapatita, es el tiempo de uso del compuesto; Kulal et al., (2016, p. 2) recomiendan la aplicación única de la Nanohidroxiapatita durante 5 min, para facilitar la penetración de los iones de Calcio y fosfato, dentro de los túbulos dentinarios, mejorando así, su acción desensibilizante. Mientras que Gopinath, N., John, J., Nagappan, N., Prabhu, S., & Kumar, E. S. (2015, p. 120) recomiendan realizar dos aplicaciones diarias por un lapso de dos minutos, ya que consideran tiempo suficiente para el depósito de Hidroxiapatita en el interior de los túbulos.

Según, Jena, A., Kala, S., & Shashirekha, G. (2017, p. 270) los agentes desensibilizantes que contienen hidroxiapatita en forma de nanocristales presenta mayor oclusión de los túbulos dentinarios, no solamente por el tamaño de sus partículas sino también facilita su unión al esmalte y dentina, debido su actividad biológica y reactividad química; este compuesto demostró ser más eficaz en comparación con Pepsodent Pro-sensitive, Sensodyne repair and protect, Remin

Pro, y Novamin los mismos que fueron aplicados en discos de dentina por dos minutos, durante 14 días, y almacenados en saliva artificial.

Por su parte, la casa comercial que patenta la HA nanoparticulada, producto de uso profesional llamado Nano P, recomienda aplicar el producto durante 5 min, para permitir el depósito de las sales en el interior de los túbulos, facilitando su proceso de obliteración; Y el número de aplicaciones varía, dependiendo de la sintomatología clínica del paciente (Wang, L., et al., 2016, p.2). Protocolo que se consideró para el desarrollo del presente estudio, con la finalidad de no alterar las propiedades del material y disminuir el margen de error.

Kunam, D., Manimaran, S., Sampath, V., & Sekar, M. (2016, p. 240) señalan la importancia de la aplicación de la Hidroxiapatita durante 7 minutos por un lapso de días, manteniendo las muestras en saliva artificial a 37° C, demostrando en su estudio, que este protocolo resulta exitoso para la obliteración total de los túbulos dentinarios.

El envejecimiento dental, la saliva y las aplicaciones múltiples constituyen factores a considerarse en estudios de permeabilidad dentinaria y obliteración de los túbulos, ya que simulan mejor la situación in vivo, influyendo significativamente en la eficacia de los agentes desensibilizantes (Hiller, K., Buchalla, W., Grillmeier, I., Neubauer, C., & Schmalz, G., 2018, p. 1).

Según, Berkathullah, M., Farook, M. S., & Mahmoud, O. (2018, p. 5) los agentes remineralizantes y desensibilizantes como: duraphat, biodentine, hidroxiapatita, y colgate sensitive pro-relief son capaces de ocluir los túbulos de dentina expuestos en presencia de ambiente oral simulado. Su eficacia radica en los minerales de estos compuestos ya que según sus componentes van a interactuar con los iones de la saliva para reducir la permeabilidad dentinaria. Por su parte, Hiller et al., (2018, p. 3) probaron compuestos a base de: hidroxiapatita, nitrato de potasio, arginina y carbonato de calcio en presencia o ausencia de saliva humana; dicha investigación concluyó que todas las pastas fueron capaces de reducir la permeabilidad de la dentina, pero la pasta con Hidroxiapatita fue capaz de ocluir los túbulos tanto en presencia como ausencia de saliva, siendo mayor la eficacia en el grupo que no entro en contacto con la saliva humana.

Mientras que, Kanehira, M., Ishihata, H., araki, Y., takahashi, H., Sasaki, K., & Finger, W. J., (2019, p. 2) afirman que la saliva como líquido de almacenamiento cuenta con la capacidad de alterar la permeabilidad dentinaria; este estudio determinó que los agentes desensibilizantes a base de fosfatos pueden mezclarse con los iones de la saliva artificial precipitándose como hidroxiapatita favoreciendo el proceso de oclusión de los túbulos; motivo por el cual no se consideraron varias aplicaciones de los compuestos en los discos de dentina, ni mucho menos la colocación de las muestras en saliva artificial.

## **7. Conclusiones y Recomendaciones**

### **7.1. Conclusiones:**

El gel de Hidroxiapatita obtenido a partir de cáscara de huevo es eficaz para la obliteración de los túbulos dentinarios; No obstante, la hidroxiapatita nanoparticulada (Nano P) resultó superior a los demás compuestos, incluyendo el gel experimental.

### **7.2. Recomendaciones:**

- Para estudios futuros se recomienda convertir la Hidroxiapatita de cáscara de huevo en nanopartículas.
- Se recomienda, incorporar nanohidroxiapatita obtenida de cáscara de huevo, en un gel desensibilizante existente en el mercado para potenciar su acción.
- Para determinar la efectividad de los compuestos se recomienda usar una máquina de permeabilidad dentinaria que permite obtener datos más precisos sobre el mecanismo de acción de la Hidroxiapatita.



## REFERENCIAS

- Abdulrahman, I., Tijani, H. I., Mohammed, B. A., Saidu, H., Yusuf, H., Ndejiko Jibrin, M., & Mohammed, S. (2014). From Garbage to Biomaterials: An Overview on Egg Shell Based Hydroxyapatite. *Journal of Materials*, 2014, 1–6. doi:10.1155/2014/802467
- Adzila, S., Sopyan, I., & Hamdi, M. (2011). Mechanochemical Synthesis of Hydroxyapatite. Nanopowder: Effects of Rotation Speed and Milling Time on Powder Properties. *Applied Mechanics and Materials*, 110-116, 3639–3644.
- Alcântara, P. M., Barroso, N. F. F., Botelho, A. M., De Oliveira, D. W., Gonçalves, P. F., & Flecha, O. D. (2018). Associated factors to cervical dentin hypersensitivity in adults: a transversal study. *BMC Oral Health*, 18(1). doi:10.1186/s12903-018-0616-1
- Amaechi, B. T., AbdulAzees, P. A., Alshareif, D. O., Shehata, M. A., Lima, P. P. de C. S., Abdollahi, A., ... Evans, V. (2019). Comparative efficacy of a hydroxyapatite and a fluoride toothpaste for prevention and remineralization of dental caries in children. *BDJ Open*, 5(1). doi:10.1038/s41405-019-0026-8
- Amaechi, B. T., Lemke, K. C., Saha, S., & Gelfond, J. (2018). Clinical Efficacy in Relieving Dentin Hypersensitivity of Nanohydroxyapatite-containing Cream: A Randomized Controlled Trial. *The open dentistry journal*, 12, 572–585. doi:10.2174/1874210601812010572
- Araújo, P. R. de S., Silva, L. B., Neto, A. P. dos S., Almeida de Arruda, J. A., Álvares, P. R., Sobral, A. P. V., Sampaio, G. C. (2017). Pulp Revascularization: A Literature Review. *The Open Dentistry Journal*, 10(1), 48–56. doi:10.2174/1874210601711010048

- Arzate, H., Zeichner-David, M., & Mercado-Celis, G. (2014). Cementum proteins: role in cementogenesis, biomineralization, periodontium formation and regeneration. *Periodontology 2000*, 67(1), 211–233. doi:10.1111/prd.12062
- Baba, A.A., Oduwole, I.T., Salami, F.K., Adekola, F.A., & Adeboye, S.E. (2013). Synthesis of hydroxyapatite from waste egg-shell by Precipitation method. *Ife Journal of Science*. 15(3), 435-443.
- Bakry, A.S., Al-Hadeethi, Y., & Razvi, M.A. (2016). The durability of a hydroxyapatite paste used in decreasing the permeability of hypersensitive dentin. *Journal of dentistry*, 51, 1-7.
- Bandekar, S., Patil, S.H., Dudulwar, D., Moogi, P.P., Ghosh, S., & Kshirsagar, S.P. (2019). Remineralization potential of fluoride, amorphous calcium phosphate-casein phosphopeptide, and combination of hydroxylapatite and fluoride on enamel lesions: An in vitro comparative evaluation. *Journal of conservative dentistry: JCD*. 22(3), 305-309.
- Bennett & Mathews, Sapna & Ramalingam, Karthikeyan & Mensinkai, Poornima. (2015). Evaluation of nanohydroxyapatite-containing toothpaste for occluding dentin tubules. *American journal of dentistry*. 28. 33-9.
- Berkathullah, M., Farook, M. S., & Mahmoud, O. (2018). The Effectiveness of Remineralizing Agents on Dentinal Permeability. *BioMed Research International*, 2018, 1–12. doi:10.1155/2018/4072815
- Bubteina, N., & Garoushi, S. (2015). Dentine Hypersensitivity: A Review. *Dentistry, an open access journal*. 5(9), 1-7. doi: 10.4172/2161-1122.1000330
- Buitrago-Vásquez, M., & Ossa-Orozco, C. P. (2018). Hydrothermal synthesis of hydroxyapatite nanorods using a fruit extract template. *DYNA*, 85(204), 283–288. doi: 10.15446/dyna.v85n204.65773
- Cartwright, R.B. (2014). Dentinal hypersensitivity: a narrative review. *Community dental health*, 31 1, 15-20.

- Cruz, L.P., & Tuñas, I.C. (2018). Bioactive glass as a treatment option for dentin hypersensitivity. *Brazilian Journal of Dentistry*, 75:e1125, 1-7. doi: 10.18363/rbo.v75.2018.e1125
- Davari, A., Ataei, E., & Assarzadeh, H. (2013). Dentin Hypersensitivity: Etiology, Diagnosis and Treatment; A Literature Review. *Journal of dentistry*, 1-7.
- Dutta, S. R., Passi, D., Singh, P., & Bhuibhar, A. (2014). Ceramic and non-ceramic hydroxyapatite as a bone graft material: a brief review. *Irish Journal of Medical Science (1971 -)*, 184(1), 101–106.doi:10.1007/s11845-014-1199-8
- Esponda, R. (1994). *Anatomía Dental (6.a ed.)*, Editorial Panamericana, México. Recuperado de: <https://www.academia.edu/9753158/30468426-Anatomia-Dental-Esponda-Vila>
- Galler, K. M. (2016). Clinical procedures for revitalization: current knowledge and considerations. *International Endodontic Journal*, 49(10), 926–936. doi:10.1111/iej.12606
- Garcés, J., & Duque, E. (2007). Metodología para el análisis y revisión crítica de artículos de investigación. *Innovar* 17(29), 184-194. Metodología para el análisis y la revisión crítica de artículos de investigación.
- Gharehkhani, S., Sadeghinezhad, E., Kazi, S., Yarmand, H., Badarudin, A., Safaei, M.R., & Zubir, M.N. (2015). Basic effects of pulp refining on fiber properties-- a review. *Carbohydrate polymers*, 115, 785-803.
- Gillam, D. G. (2017). A new perspective on dentine hypersensitivity – guidelines for general dental practice. *Dental Update*, 44(1), 33–42. doi:10.12968/denu.2017.44.1.33
- Gómez de Ferraris, M., Campos Muñoz, A. (1999). *Histología y embriología bucodental. (2.a ed.)*, Editorial Panamericana, Madrid - España. Recuperado de: [https://www.academia.edu/8172519/Histologia\\_y\\_Embriologia\\_Bucodental\\_Gomez\\_de\\_Ferraris](https://www.academia.edu/8172519/Histologia_y_Embriologia_Bucodental_Gomez_de_Ferraris)

- Gopinath, N. M., John, J., Nagappan, N., Prabhu, S., & Kumar, E. S. (2015). Evaluation of Dentifrice Containing Nano-hydroxyapatite for Dentinal Hypersensitivity: A Randomized Controlled Trial. *Journal of international oral health : JIOH*, 7(8), 118–122.
- Haghighi, R., Mehran, M., Ahmadvand, M., & Ahmadvand, M. (2016). Remineralization Effect of Eggshell versus Nano-hydroxyapatite on Caries-like Lesions in Permanent Teeth (In Vitro). *Journal of International Oral Health*. 8(4):435-439.
- Hashemibeni, B., Khoroushi, M., Foroughi, M.R., Karbasi, S., & Khademi, A. (2017). Tissue engineering: Dentin - pulp complex regeneration approaches (A review). *Tissue & cell*, 49 5, 552-564.
- Hiller, K.-A., Buchalla, W., Grillmeier, I., Neubauer, C., & Schmalz, G. (2018). In vitro effects of hydroxyapatite containing toothpastes on dentin permeability after multiple applications and ageing. *Scientific Reports*, 8(1). doi:10.1038/s41598-018-22764-1
- Idon PI, Esan TA, Bamise CT, Mohammed ASA, Mohammed A, Ofuonye, ILN. (2017) Dentine Hypersensitivity: Review of a Common Oral Health Problem. *J Dent Craniofac Res.*, 2(2):16, p.1-7. doi: 10.21767/2576-392X.100016
- Jena A, Kala S, Shashirekha G. (2017). Comparing the effectiveness of four desensitizing toothpastes on dentinal tubule occlusion: A scanning electron microscope analysis. *J Conserv Dent*; 20:269-72
- Kanehira, M., Ishihata, H., & Saito, M. (2015). Dentin Hypersensitivity: Etiology, Prevalence and Treatment Modalities. *Interface Oral Health Science* 2014, 325–333. doi: 10.1007/978-4-431-55192-8\_28
- Kanehira, M., Ishihata, H., araki, Y., takahashi, H., Sasaki, K., & Finger, W. J. (2019). Effect of artificial saliva on permeability of dentin treated with phosphate containing desensitizer measured by digital flow meter. *Dental Materials Journal*. doi:10.4012/dmj.2018-134

- Kattimani, V. S., Kondaka, S., & Lingamaneni, K. P. (2016). Hydroxyapatite—Past, Present, and Future in Bone Regeneration. *Bone and Tissue Regeneration Insights*, 7, BTRI.S36138, 9-19. doi:10.4137/btri.s36138
- Khandelwal, H., & Prakash, S. (2016). Synthesis and Characterization of Hydroxyapatite Powder by Eggshell. *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering*. 4, 119-126.
- Kim, J., & Park, J.C. (2017). Dentin hypersensitivity and emerging concepts for treatments. *Journal of Oral Biosciences*, 59(4), 211–217. doi: 10.1016/j.job.2017.09.001
- Kulal, R., Jayanti, I., Sambashivaiah, S., & Bilchodmath, S. (2016). An In-vitro Comparison of Nano Hydroxyapatite, Novamin and Proargin Desensitizing Toothpastes - A SEM Study. *Journal of clinical and diagnostic research : JCDR*, 10(10), ZC51–ZC54. doi:10.7860/JCDR/2016/18991.8649
- Kunam, D., Manimaran, S., Sampath, V., & Sekar, M. (2016). Evaluation of dentinal tubule occlusion and depth of penetration of nano-hydroxyapatite derived from chicken eggshell powder with and without addition of sodium fluoride: An in vitro study. *Journal of conservative dentistry: JCD*, 19(3), 239–244. doi:10.4103/0972-0707.181940
- Lacruz, R. S., Habelitz, S., Wright, J. T., & Paine, M. L. (2017). Dental Enamel Formation and Implications for Oral Health and Disease. *Physiological Reviews*, 97(3), 939–993. doi:10.1152/physrev.00030.2016
- Lee, S.-W., Balázs, C., Balázs, K., Seo, D., Kim, H. S., Kim, C.-H., & Kim, S.-G. (2014). Comparative Study of hydroxyapatite prepared from seashells and eggshells as a bone graft material. *Tissue Engineering and Regenerative Medicine*, 11(2), 113–120. doi:10.1007/s13770-014-0056-1
- Liu, D., Troczynski, T.B., & Tseng, W.J. (2001). Water-based sol-gel synthesis of hydroxyapatite: process development. *Biomaterials*, 22 13, 1721-30.

- Low, S. B., Allen, E. P., & Kontogiorgos, E. D. (2015). Reduction in Dental Hypersensitivity with Nano-Hydroxyapatite, Potassium Nitrate, Sodium Monofluorophosphate and Antioxidants. *The Open Dentistry Journal*, 9(1), 92–97. doi:10.2174/1874364101509010092
- Márquez, M., Quintero, A., Sanz, A., Ramírez, V., Inostroza, C., & Chaparro, A. (2011). Efecto de la arginina 8%-carbonato de calcio y del fluoruro de sodio al 5% en la reducción de la hipersensibilidad dentinaria post terapia periodontal: ensayo clínico. *Revista Clínica de Periodoncia, Implantología y Rehabilitación Oral*, 4(1), 22–25. doi:10.4067/s0719-01072011000100005
- Mejía-Martínez, E. E., Matamoros-Veloza, Z., Yanagisawa, K., Rendón-Ángeles, J. C., & Moreno-Pérez, B. (2018). Influencia de la temperatura en la compactación hidrotérmica en caliente de polvos de magnesio hidroxiapatita. *Boletín de La Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, 57(2), 45–54. doi: 10.1016/j.bsecv.2017.06.003
- Mena, A., Costa, T.R., Patzlaff, R.T., Loguercio, A.D., & Reis, A. (2014). Effect of sonic application mode on the resin-dentin bond strength and dentin permeability of self-etching systems. *The journal of adhesive dentistry*, 16 5, 435-40.
- Meyer, F. y Enax, J. (2019). Hydroxyapatite in Oral Biofilm Management. *European Journal of Dentistry*, 13(2), 287-290.
- Mohd Pu'ad, N. A. S., Koshy, P., Abdullah, H. Z., Idris, M. I., & Lee, T. C. (2019). Syntheses of hydroxyapatite from natural sources. *Heliyon*, 5(5), 1-14. doi: 10.1016/j.heliyon.2019.e01588
- Molina, A., García-Gargallo, M., Montero, E., Tobías, A., Sanz, M., & Martín, C. (2016). Clinical efficacy of desensitizing mouthwashes for the control of dentin hypersensitivity and root sensitivity: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Dental Hygiene*, 15(2), 84–94. doi:10.1111/idh.12250

- Nie, L., Zhang, H., Ren, A., Li, Y., Fu, G., Cannon, R. D., ... Yang, S. (2019). Nano-hydroxyapatite mineralized silk fibroin porous scaffold for tooth extraction site preservation. *Dental Materials*, 1397-1407. doi: 10.1016/j.dental.2019.07.02
- Nuti, N., Corallo, C., Chan, B.F., Ferrari, M., & Gerami-Naini, B. (2016). Multipotent Differentiation of Human Dental Pulp Stem Cells: a Literature Review. *Stem Cell Reviews and Reports*, 12, 511-523.
- Pajor, K., Pajchel, L., & Kolmas, J. (2019). Hydroxyapatite and Fluorapatite in Conservative Dentistry and Oral Implantology—A Review. *Materials*, 12(17), 1-16. doi:10.3390/ma12172683
- Porciani, P.F., Chazine, M., & Grandini, S. (2014). A clinical study of the efficacy of a new chewing gum containing calcium hydroxyapatite in reducing dentin hypersensitivity. *The Journal of clinical dentistry*, 25 2, 32-6.
- Qamar, Z., Rahim, Z.B., Chew, H.P., & Fatima, T. (2017). Influence of trace elements on dental enamel properties: A review. *JPMA. The Journal of the Pakistan Medical Association*, 67 1, 116-120.
- Rai, A.K., & Jain, M. (2015). Dentine Hypersensitivity: A Review of its Management Strategies. *Journal of International Oral Health*, 7(10), 137-143
- Ramesh, S., Tan, C. Y., Tolouei, R., Amiriyan, M., Purbolaksono, J., Sopyan, I., & Teng, W. D. (2012). Sintering behavior of hydroxyapatite prepared from different routes. *Materials & Design*, 34, 148–154. doi: 10.1016/j.matdes.2011.08.011
- Ratán, PV, Sidhu, TS y Mittal, M. (2015). Una descripción general de los implantes de titanio recubiertos de hidroxiapatita.
- Ruan, Q., & Moradian-Oldak, J. (2015). Amelogenin and enamel biomimetics. *Journal of Materials Chemistry B*, 3(16), 3112–3129. doi:10.1039/c5tb00163c
- Šupová, M. (2015). Substituted hydroxyapatites for biomedical applications: A review. *Ceramics International*, 41(8), 9203–9231. doi: 10.1016/j.ceramint.2015.03.316

- Takahashi, N., & Nyvad, B. (2016). Ecological Hypothesis of Dentin and Root Caries. *Caries Research*, 50(4), 422–431. doi:10.1159/000447309.
- Teruel, J.D., Alcolea, A.F., Hernández, A.M., & Ruiz, A.J. (2015). Comparison of chemical composition of enamel and dentine in human, bovine, porcine and ovine teeth. *Archives of oral biology*, 60-65, 768-75.
- Thompson, V. P. (2019). The tooth: An analogue for biomimetic materials design and processing. *Dental Materials*. ELSEVIER, 25-42. doi:10.1016/j.dental.2019.08.106
- Tobar, A., Soto, I., Da Venezia, C., Contreras, J., Morales, A., Carvajal, P., & Hernández-Ríos, P. (2017). Eficacia de la Arginina al 8% y Nitrato Potásico al 5% en el tratamiento de la hipersensibilidad dentinaria. Ensayo clínico aleatorio. *Revista Clínica de Periodoncia, Implantología y Rehabilitación Oral*, 10(2), 121–124. doi:10.4067/s0719-01072017000200121
- Tusharluthra, Gupta, S., Bharadwaj, S., Choubey, A., Yadav, H., & Singh, H. (2015). DENTIN HYPERSENSITIVITY AND ITS MANAGEMENT: A REVIEW. *IJO CR* 3(3), 59-63.
- Vano, M., Derchi, G., Barone, A., Pinna, R., Usai, P., & Covani, U. (2017). Reducing dentine hypersensitivity with nano-hydroxyapatite toothpaste: a double-blind randomized controlled trial. *Clinical Oral Investigations*, 22(1), 313–320. doi:10.1007/s00784-017-2113-3
- Wahl, D.A., & Czernuszka, J.T. (2006). Collagen-hydroxyapatite composites for hard tissue repair. *European cells & materials*, 11, 43-56.
- Wang, L., Magalhães, A., Francisconi-dos-Rios, L., Calabria, M., Araújo, D., Buzalaf, M., ... Pereira, J. (2016). Treatment of Dentin Hypersensitivity Using Nano-Hydroxyapatite Pastes: A Randomized Three-Month Clinical Trial. *Operative Dentistry*, 41(4), E93–E101. doi:10.2341/15-145-c



- Wang, R., Niu, L., Li, Q., Liu, Q., & Zuo, H. (2017). The peritubular reinforcement effect of porous dentine microstructure. *PLOS ONE*, 12(8), e0183982. doi: 10.1371/journal.pone.0183982
- West, N. X., Seong, J., & Davies, M. (2015). Management of dentine hypersensitivity: efficacy of professionally and self-administered agents. *Journal of Clinical Periodontology*, 42, S256–S302. doi:10.1111/jcpe.12336
- West, N., Seong, J., & Davies, M. (2014). Dentine Hypersensitivity. *Erosive Tooth Wear*, 108–122. doi: 10.1159/000360749
- Yamamoto, T., Hasegawa, T., Yamamoto, T., Hongo, H., & Amizuka, N. (2016). Histology of human cementum: Its structure, function, and development. *Japanese Dental Science Review*, 52(3), 63–74. doi:10.1016/j.jdsr.2016.04.002
- Yang, S., Ying, K., Wang, F., Chen, K., Zhou, L., & Yang, Q. (2016). Desensitizing effect of stannous fluoride-containing toothpaste for patients with dentine hypersensitivity: a Meta-analysis. *West China journal of stomatology*, 34 2, 150-5.
- Zhong, B., Peng, C., Wang, G., Tian, L., Cai, Q., & Cui, F. (2015). Contemporary research findings on dentine remineralization. *Journal of tissue engineering and regenerative medicine*, 9(9), 1004-16. doi: 10.1002/term.1814.
- Zhou, L., Wang, Y., Yang, H., Guo, J., Tay, F. R., & Huang, C. (2015). Effect of chemical interaction on the bonding strengths of self-etching adhesives to deproteinised dentine. *Journal of Dentistry*, 43(8), 973–980. doi: 10.1016/j.jdent.2015.05.010
- Zhu, M., Li, J., Chen, B., Mei, L., Yao, L., Tian, J., & Li, H. (2015). The Effect of Calcium Sodium Phosphosilicate on Dentin Hypersensitivity: A Systematic Review and Meta-Analysis. *PLOS ONE*, 10(11), 1-15. doi: 10.1371/journal.pone.0140176

