



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

**MATERIALES REMINERALIZANTES UTILIZADOS EN
ODONTOLOGÍA.**

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

C I R U J A N A D E N T I S T A

P R E S E N T A:

ALEJANDRA KARINA ALVAREZ REYES

TUTORA: Mtra. MIRIAM ORTEGA MALDONADO

ASESOR: Dr. ALEJANDRO LUIS VEGA JIMÉNEZ



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mi familia por haber sido mi apoyo a lo largo de toda mi carrera universitaria y a lo largo de mi vida, a mis tías, mi abuelita, mis primos y mi hermano, los cuales amo con todo mi corazón. Gracias por ser mi pilar fundamental y haberme apoyado incondicionalmente, pese a las adversidades e inconvenientes que se presentaron.

A todas las personas especiales que me acompañaron en esta etapa, a Jeylyn por guiarme en esos momentos que estaba totalmente perdida y a Roven por apoyarme sin condición en estos meses. En estas líneas quiero agradecer a todas las personas que hicieron posible esta investigación y que de alguna manera estuvieron conmigo en los momentos difíciles, alegres, y tristes.

Y por supuesto a mi querida Universidad y a todas las autoridades involucradas, por permitirme concluir con una etapa de mi vida, gracias Mtra. Miriam y Dr. Alejandro por la paciencia, orientación y por guiarme en el desarrollo de esta tesina.

ÍNDICE

1. Introducción	4
2. Marco teórico: ANATOMÍA DENTAL	5
2.1 DESMINERALIZACIÓN Y REMINERALIZACIÓN DENTAL (DES-RE)	14
2.2 CARIES	28
2.2.1 Clasificación	30
2.2.2 Sistema ICDAS (International Caries Detection and Assessment System)	36
2.3 MATERIALES REMINERALIZANTES	38
2.3.1 Compuestos fluorados	45
2.3.2 Compuestos no fluorados	56
3. Conclusiones	79
4. Revisión bibliográfica	81
5. Anexos	84

1. Introducción

El empleo de materiales remineralizantes es un tema en boga en la Odontología, debido a la creciente evidencia científica sobre su efectividad en lesiones cariosas, las cuales por naturaleza, involucran un proceso de desmineralización, esto a causa de diversos factores que involucran cuestiones como la dieta, la higiene oral ejecutada, así como cuestiones socio-económicas. Las ventajas que ofrecen estos materiales, denominados “mínimamente invasivos” son varios, ya que prometen una intervención más amable para el paciente, brindándole la oportunidad de conservar en lo medida de lo posible su diente, lo cual no sólo se refleja en una mejor calidad de vida, sino también en el aspecto que le permite proteger su economía; con el ritmo actual de las investigaciones en torno a los materiales biomiméticos, se espera nueva evidencia para incorporarlos al área dental, cerrando la brecha entre la Odontología Preventiva y la Odontología Conservadora, poniendo en duda ésta última, puesto que actualmente la ideología de “Extensión por prevención” está quedando obsoleta. Sumado a esto, la corriente actual de prevención y preservación permite dotar de herramientas al odontólogo para evitar la progresión de la lesión, evitando riesgos agregados o complicaciones futuro como lo son restauraciones que involucran desgastar en exceso el tejido dental (coronas, incrustaciones), dolor, infecciones y pérdida prematura de éstos. Cada agente remineralizante, obedece a indicaciones puntuales, es por ello que una exploración bucal adecuada, y un buen conocimiento para distinguir los diferentes grados de la caries, resultan imprescindibles para la elección del material que más se adecue a las necesidades del paciente. El presente trabajo tiene como **propósito** describir los materiales de uso dental, cuyos componentes participan en el proceso de remineralización dental a través de una revisión bibliográfica.

2. Marco teórico: ANATOMÍA DENTAL

Los dientes forman un sistema complejo y muy peculiar en el ser humano, constituyendo órganos que llevan a cabo funciones (en conjunto con otras estructuras anatómicas) de masticación, fonación y deglución. A lo largo de nuestra vida, estos órganos se encuentran en constante cambio en cuanto a morfología y número. Inicialmente, en los niños, consta de veinte dientes deciduos o primarios; más tarde, en el adulto promedio, clínicamente sano, aumentará a un total de treinta y dos dientes permanentes o secundarios (1).

Estos están formados por cuatro tejidos diferentes: esmalte, dentina, cemento y pulpa. Los primeros tres, son tejidos mineralizados, es decir, que en su composición existe una fase orgánica y una fase inorgánica, al contrario de la composición de la pulpa, en la que solo encontramos materia orgánica. La porción externa y visible de la corona está cubierta por esmalte. Por debajo de éste, encontraremos dentina. Dichos tejidos, preservan la pulpa, la cual, está localizada en el centro del diente (2,3).

Como mencionamos en el párrafo anterior, en el diente se reconocen dos fases, una orgánica y otra inorgánica. En la primera, como parte de la Matriz Extracelular (MEC), se encuentran biomoléculas como las proteínas no colágenas, incluyendo moléculas complejas, como los proteoglicanos (PG); estas últimas se enlazan entre las fibras de colágeno acoplándose en una red. Las proteínas representan el 1-2% de la composición total de los dientes, contribuyendo en el mantenimiento de propiedades como la tensión y elasticidad de la estructura dental, que en conjunto con los minerales (hidroxiapatita principalmente) proporcionan su característica dureza (4).

A continuación, se describirán de forma concisa cada uno de estos elementos.

- **Esmalte**

El esmalte dental o conocido también como “tejido adamantino” es una sustancia mineralizada, avascular, acelular y sin inervación con un alto contenido de hidroxapatita, propiedad que lo convierte en el tejido más duro del cuerpo humano. Embriológicamente es de origen ectodérmico, formado por células llamadas ameloblastos derivadas del órgano del esmalte. Éste cumple un rol muy importante al actuar como protector del Complejo Dentino Pulpar contra estímulos externos; estéticamente también tiene un papel importante (5,6).

El esmalte no tiene un color en sí, ya que al ser una estructura translúcida, el color dependerá del grosor y del grado de mineralización, así como de la dentina subyacente, teniendo como resultado coloraciones que van desde el blanco, amarillo hasta el grisáceo. Entre más mineralizado se encuentre el esmalte más transparente lucirá, y la superficie tendrá un aspecto semejante a la del vidrio, en condiciones normales éste será liso, plano y sin irregularidades, pero bajo situaciones desmineralizantes, encontraremos una superficie rugosa y áspera. La permeabilidad del esmalte es limitada, no obstante, el paso de iones y agua es constante, tal fenómeno tiene un papel fundamental durante los procesos de desmineralización y remineralización dental (2).

Debemos tener en cuenta que la capacidad de regeneración del tejido es nula, sin embargo es aquí, donde ocurre la Desmineralización y Remineralización dental (DES-RE), proceso de gran importancia en este tema y que se explicará más adelante (5).

Es de forma afilada, puesto que el espesor en la porción oclusal va disminuyendo hacia la porción cervical, tanto en la cara oclusal como en el borde incisal de los dientes, el espesor de esta capa es de dos a tres milímetros aproximadamente. Recordemos también que el grosor en las superficies vestibular y mesial es mayor que en otras zonas. Radiográficamente, observaremos el esmalte como una estructura radiopaca, sin embargo al existir una disminución mineral, la zona afectada se mostrará radiolúcida (2,6).

Como se mencionó anteriormente, al ser un tejido mineralizado, encontraremos elementos orgánicos e inorgánicos; la matriz inorgánica que representa un 95% del esmalte, es rica en hidroxiapatita $[Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2]$, componente responsable de proporcionar dureza y fragilidad al tejido, mientras que la matriz orgánica representa un 2%, incluyendo elementos proteicos, tales como amelogenina, enamulina, ameloblastina, entre otros. El 3% restante está conformado por agua (6).

La Hidroxiapatita (HA) es el componente fundamental del esmalte, representando un 96% del tejido. Es un mineral conformado por fosfato de calcio, que histológicamente está ordenado en forma de prismas, dichos prismas y/o cristales se encuentran densamente compactados, organización que los hace susceptibles a ataques ácidos, sin embargo, su estructura química permite el reemplazo de iones por medio de la remineralización (7). Neel et al., en el 2016 identificó que los principales reemplazos ocurren entre los iones de calcio (Ca) por magnesio (Mg) y sodio (Na), mientras que los grupos de fosfato (PO) son sustituidos por carbonatos (CO_3^{2-}) (8).

La estructura alargada de los prismas varía acorde a la zona que se encuentren, de tal manera, que en el área oclusal serán más largos y en el área cervical más cortos (9). Skucha-Nowak et al., encontraron que la

disociación de los cristales de HA está condicionada por factores tanto internos como externos, tales como la calidad de la estructura prismática, cantidad de flúor y pH en la cavidad oral (8).

- **Dentina**

La dentina, también conocida como “ebúmea” o “marfil” es un tejido conjuntivo mineralizado, vascularizado e innervado, con capacidad regenerativa, que representa la mayor parte del diente; el grado de mineralización (dureza) es superior a la del hueso y cemento, pero inferior a la del esmalte. Embriológicamente se deriva del mesodermo, formado por células llamadas odontoblastos, derivadas de la papila dental. Al estar en contacto directo con la pulpa y compartir el mismo origen embriológico con ésta, se crea una estructura conocida como Complejo Dentino Pulpar, concepto que es de importancia, puesto que juega un rol importante para entender la etiopatogenia del dolor (10).

El color de la dentina depende de varios factores: edad, raza, grado de mineralización y vitalidad de la pulpa. De tal manera que en dientes deciduos el color será blanco-azulado, debido a que la mineralización del tejido es baja, conforme va pasando el tiempo, esta dentina se va haciendo más resistente a las fuerzas oclusales y a los constantes ataques ácidos presentes en la cavidad oral, tornándose a un color amarillento; en el caso de un diente que ha sido sometido a un tratamiento de conductos, se presenta una coloración grisácea (2,10).

La estructura básica de la dentina, son los túbulos dentinarios, Tamami et al., en el 2017, los describió como estructuras de forma cilíndrica que atraviesan por completo el tejido dentinario, comenzando en la pulpa hasta llegar a la unión con la dentina y/o el cemento. Estos túbulos se encuentran en toda la dentina, dispuestos de diferente manera acorde a la ubicación: en forma de s

itálica en la corona y en el tercio superior de la raíz, en forma cóncava en el tercio medio de la raíz y en forma prácticamente recta en el tercio apical (10). De igual manera, el diámetro de los túbulos variará: 1.7 μm cuando se encuentran en la periferia y 3.5 μm cuando se encuentran cerca de la pulpa

Hasta el día de hoy se conocen tres tipos de dentina, los cuales se describirán brevemente (2):

- Dentina primaria

Acorde a Mazzoni et al., en el 2015, es la dentina predominante en la pieza dental, propagándose desde la frontera con el esmalte y/o cemento radicular hasta la cámara pulpar. La secuencia de formación comienza en la corona, descendiendo y culminando en la raíz (10).

- Dentina secundaria

También llamada fisiológica, y es el tipo de dentina que se sigue depositando a lo largo de la vida del diente a una velocidad lenta. Estructuralmente es idéntica a la primaria, la diferencia radica en la dirección de los túbulos dentinarios, factor que altera la dureza del tejido (2).

- Dentina terciaria

Es la dentina resultante de la defensa de la pulpa ante procesos patológicos como lo es la caries, y no patológicos como la atrición, la abrasión, la erosión e iatrogenias, así como consecuencia de la aplicación de materiales que inducen la remineralización de la misma, como por ejemplo, el hidróxido de calcio, el Agregado de Trióxido Mineral (MTA) y el silicato tricálcico (Biodentine[®]) (11).

Mazzoni et al., menciona que los odontoblastos forman “rápidamente” una capa de dentina en la zona afectada, sin embargo, los túbulos dentinarios

tienen una dirección bastante irregular así como un conteo bajo de odontoblastos; contrario a lo que Anselmino et al., redacta en el 2020 en su trabajo, ya que describe, que este tipo de dentina es lisa y se encuentra altamente mineralizada. También hace hincapié en la coloración que ésta posee, ya que al ser oscura, resulta a veces confuso, distinguir si se trata de una lesión cariosa o no, destacando, la importancia de una correcta exploración clínica (10,2).

Es común encontrar en la bibliografía que sea llamada por diferentes nombres tales como: dentina patológica, de reparación, irregular o reaccional; sin embargo, todos ellos se refieren a la misma clase de dentina (10).

Como se mencionó anteriormente, al ser un tejido mineralizado, encontraremos elementos orgánicos e inorgánicos; la matriz inorgánica que representa un 70% de la dentina, contiene hidroxiapatita como componente principal, mientras que la matriz orgánica representa un 20%, conformado de tejido conjuntivo tipo I en mayor proporción y proteínas. El 10% restante está conformado por agua (10).

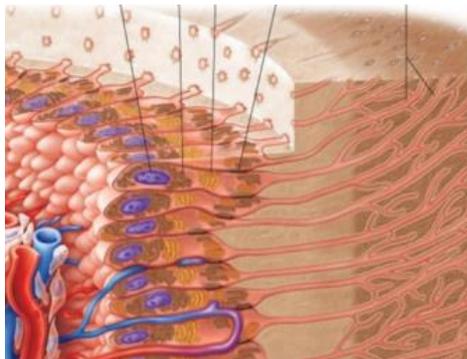
- **Complejo Dentino Pulpar (CDP)**

El CDP es una entidad biológica y funcional que involucra dichas estructuras, esta relación existe gracias al anclaje de las prolongaciones odontoblásticas de estas células; una no persevera sin la otra, ya que, la pulpa provee los elementos indispensables para mantener vital a la dentina, simultáneamente, ésta preserva a la pulpa segura de agresiones provenientes del exterior a través de una capa protectora que se aproxima de los dos a los tres milímetros de espesor. Embriológicamente comparten el mismo origen, siendo el mesodermo, la membrana encargada de dar vida a las ya mencionadas estructuras, por otra parte, los odontoblastos son las células

especializadas provenientes de la papila dental que ayudan a establecer esta organización. Pérez Manzo en el 2020, menciona en su trabajo que dicho complejo posee características histológicas, funciones biológicas y fisiopatológicas extremadamente definidas, dando a entender, que existe un vínculo propio entre la dentina y la pulpa (ver figura 1) (12).

La unidad antes descrita, sirve de mecanismo de defensa ante la presencia de agresiones a la dentina, como la caries. Cuando la dentina ha quedado expuesta, por la situación antes descrita, se desencadenan reacciones pulpares destinadas a reducir la permeabilidad de la dentina, al mismo tiempo que estimulan la neoformación de dentina suplementaria (13).

Figura 1. Esquema que ejemplifica la íntima relación que existe entre la dentina y la pulpa.



Fuente: <https://issuu.com/munevarjuan/docs/dendriticcells>

- **Pulpa**

La pulpa es el tejido no mineralizado del diente, conformado por tejido conjuntivo especializado, el cual es rico en vascularización e inervación, este mismo se encuentra delimitado por la dentina; acorde a su ubicación recibirá dos nombres: “cámara pulpar” al localizarse dentro de la corona y “pulpa radicular” al localizarse dentro de la raíz (2).

Al encontrarse altamente inervada, cumple con una función sensorial, la cual consiste en advertir por medio del dolor, cuando el diente está frente a estímulos nocivos; de igual manera, gracias a su contenido alto en odontoblastos, cumple con una función formativa, recordemos que éstas células son las encargadas de crear dentina primaria y secundaria; por otra parte al formar dentina terciaria, la función será de defensa o también llamada reparativa. Embriológicamente se deriva del mesodermo, formada por diferentes células, entre las que destacan los fibroblastos y los odontoblastos, derivadas de la papila dental (14).

Su función principal es obedecer a las demandas nutricionales de los dientes, facilitando el aporte metabólico a los odontoblastos tanto en el crecimiento como en la reparación. Peculiarmente, a diferencia de otros tejidos conectivos, está cubierta por dentina (a la cual da origen) a través de la cual se difunde por medio de prolongaciones; a la íntima relación funcional que guardan estas dos estructuras se conoce como “Complejo Dentino Pulpar”, estructura que fue definida en la página anterior (13).

Pablo et al., describe cuatro zonas en donde se alojan diferentes elementos (ver figura 2) (2):

1.- *Zona odontoblástica*: localizada alrededor de la pulpa, con un alto contenido de odontoblastos.

2.- *Zona acelular o subodontoblástica*: también conocida como “zona de Weil”, situada por debajo de la anterior. Aquí podemos encontrar fibras reticulares, fibroblastos y las llamadas células de Höhl.

3.- *Zona celular*: rica en fibroblastos, odontoblastos, células mesenquimatosas, macrófagos, linfocitos, entre otras más.

4.- *Zona central*: lugar en donde se albergan los paquetes vasculonerviosos, es la pulpa propiamente dicha.

Figura 2. Zonas topográficas de la pulpa.

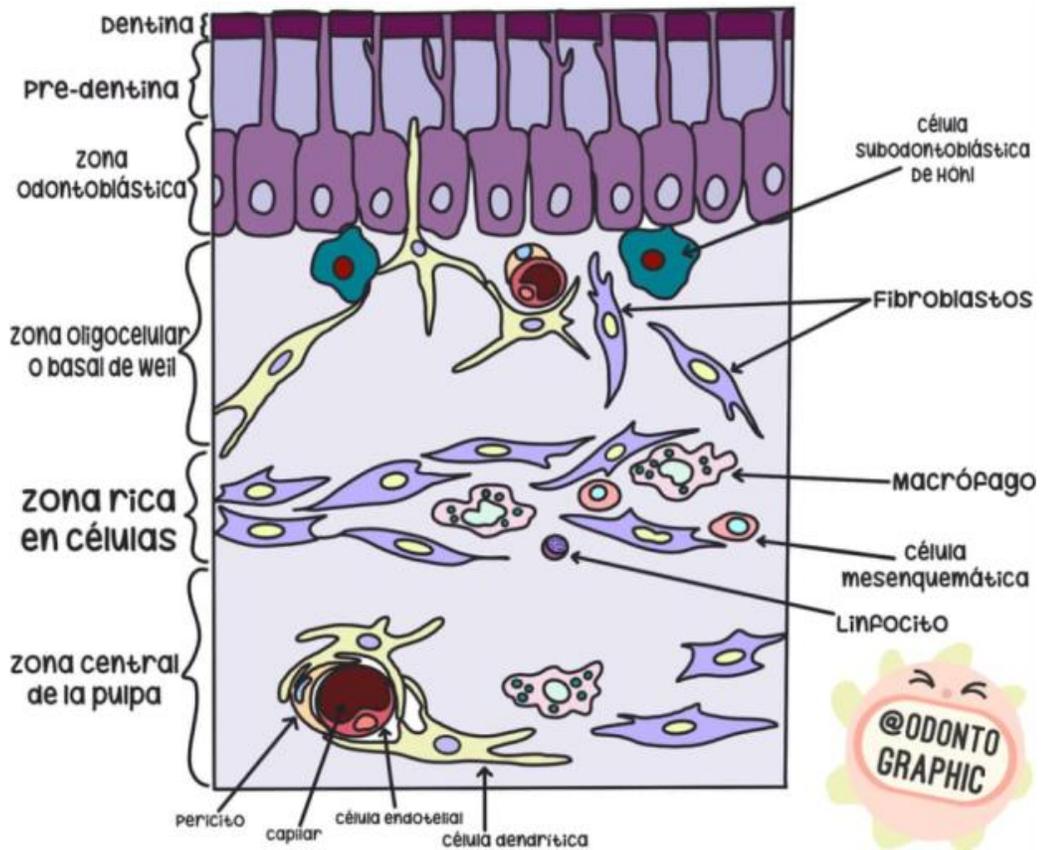


Figura 2. Zonas topográficas de la pulpa.

Fuente: <https://www.facebook.com/100377265036265/posts/148002886940369/>

- **Composición química**

Como se mencionó anteriormente, al ser un tejido no mineralizado, solo encontraremos elementos orgánicos; en donde 75% es agua y 25% la matriz como tal, la cual está conformada de dos elementos: sustancia extracelular, que está constituida por diferentes fibras (colágenas, reticulares, elásticas), ácido hialurónico, oxitalán y proteínas; y la diversidad de células que dan origen a la pulpa (odontoblastos, fibroblastos, células mesenquimatosas, linfocitos, macrófagos, eosinófilos, mastocitos, células plasmáticas) (2).

2.1 DESMINERALIZACIÓN Y REMINERALIZACIÓN DENTAL (DES-RE)

El esmalte y la dentina experimentan continuamente procesos de desmineralización y remineralización, que no son más que el resultado de la interacción dinámica entre factores patológicos y factores protectores de la cavidad oral (15).

La saliva tiene un rol muy importante, ya que al contener elementos como calcio, fósforo y bicarbonato, ayuda a proteger la estructura dental y a conservar un pH óptimo que favorece la remineralización; esta última puede ser natural o inducida y ocurre después de la desmineralización. La disminución en el pH salival tiene un efecto desmineralizante, que al dejarlo progresar, conlleva inminentemente a la formación de caries; si la pérdida mineral continua, las medidas para detenerla deberán ser más radicales, en donde trataremos las consecuencias de ésta y no la causa en sí (16,17).

Pits et al., menciona que dichos procesos no son ni más ni menos, que ciclos de pérdida y ganancia mineral, que pueden ocurrir de manera simultánea o

alternativa en diferentes áreas del diente, de tal manera que, si el equilibrio entre los factores involucrados se encuentra alterado, la desmineralización tendrá más peso, dando lugar, a las primeras etapas de una lesión cariosa (18). Por otra parte, Carrillo afirma que el balance en el proceso DES-RE es el único modo natural de mantener la estructura dental sana, lo anterior tiene un gran impacto en Odontología, ya que las nuevas tecnologías están encaminadas en prevenir el desarrollo de la caries, creando tratamientos mínimamente invasivos; el autor considera, al igual que Pitts, que la desmineralización es el paso preliminar para el proceso carioso, y que la remineralización consiste en el reemplazo de sustancia mineral perdida, que ayuda a la reparación del tejido (15).

Moya et al., en su trabajo escrito en el 2018, describe que el proceso DES-RE ocurre cuando el pH salival se encuentra por debajo de los 5.5, provocando que la hidroxiapatita se desintegre, liberando al medio bucal iones de calcio (Ca) y fosfato (PO); no obstante cuando el pH se normaliza y se alza por encima de los 5.5, éstos iones que se encuentran dispersos en la saliva, se reintegran al tejido (9).

Bergara por su parte, cita al autor Al Mullahi, quien explica, que este proceso está activo todo el día y en equilibrio; si tal equilibrio llegará a quebrantarse, habría lugar a la desmineralización, misma que puede ser interrumpida o revertida a través de la adición de iones de calcio, fosfato y flúor, lo que nos llevaría hacia el proceso de mineralización. Como mencionamos previamente, la saliva es la encargada de proveer dichos iones, sin embargo, cuando son insuficientes, los podemos adquirir por medio de una fuente exterior, logrando así, la ganancia de minerales que se perdieron durante la desmineralización (17).

A continuación, explicaremos más a detalle, el factor saliva, así como, las definiciones y el cómo se llevan a cabo los procesos DES-RE:

- **Saliva**

La saliva es un fluido corporal complejo compuesto por proteínas, electrolitos y minerales; se estima que el 99% de su composición es agua, mientras que el 1% restante, está conformado por partículas orgánicas e inorgánicas. Como se ha mencionado, los elementos minerales presentes en la saliva, son clave fundamental para el proceso de desmineralización y remineralización (9).

Un pH salival normal oscila entre los 6.4 a los 6.7, sin embargo, este puede ser modificado debido a múltiples condiciones, tales como: la dieta, la ingesta de bebidas carbonatadas, acúmulo inusual de Placa Dentobacteriana (PDB), etc. De igual manera, es importante mencionar que la producción y la calidad de la saliva pueden ser alteradas por diferentes enfermedades sistémicas y/o medicamentos, así como, padecimientos psicológicos como el temor o la ansiedad, dando como resultado, una disminución en la cantidad de saliva (xerostomía) (19).

La xerostomía o hiposalivación, es una condición que se caracteriza por la disminución en la producción de saliva. Cuando la sequedad es extrema y por un largo periodo de tiempo, se recomienda el uso de sustancias que pretenden sustituir las funciones de esta, de tal manera que el empleo de salivas artificiales, serán un coadyuvante para mantener las mucosas protegidas contra factores infecciosos, químicos, mecánicos e irritativos. En el mercado existen un sin fin de productos que nos proveen tales beneficios, entre los que encontramos SALIVSOL[®], una solución viscosa e incolora que es sumamente parecida a la saliva humana. Éste preparado sintético, contiene iones de calcio, sodio, potasio y magnesio, así como xilitol, el cual

estimula la secreción salival y evita la sobrepoblación de bacterias y su consecuente producción de ácidos; también aporta un efecto protector, al mantener lubricadas las mucosas de la cavidad oral (9).

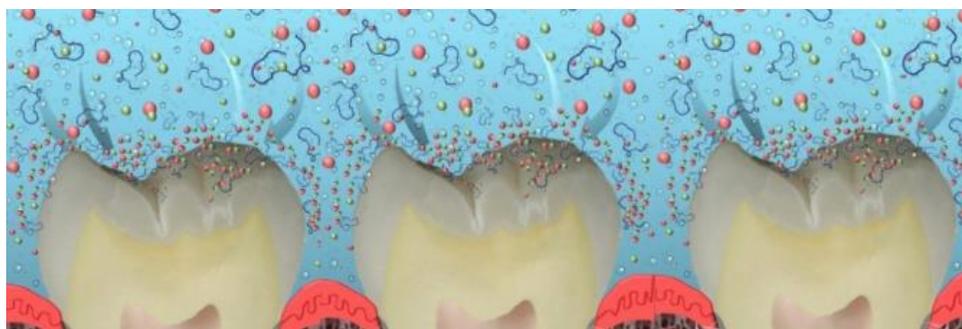
En el 2010, el autor del artículo “Desmineralización y mineralización, el proceso en balance y la caries dental” considera que la saliva es el factor esencial para favorecer un resultado positivo en este proceso, ya que por sus características físicas y composición química, cumple con una serie de funciones específicas que ayudan a mantener la homeostasis de la cavidad oral (20,15):

- Protege la integridad de la mucosa y de los tejidos dentales.
- Proporciona a la cavidad oral un sistema de defensa ante agresiones acidogénicas.
- Favorece una reparación limitada a la estructura dental dañada.
- Regula la cantidad de calcio y fósforo, evitando un depósito excesivo de éstos en los dientes.
- Transporta iones del calcio y fósforo durante los procesos de desmineralización y remineralización.
- Neutraliza la acidez.
- Mantiene las superficies dentales libres de bacterias y sus subproductos (ácidos).

Antedicho esto, podremos comprender mejor el cómo y por qué la saliva y su pH juegan un rol fundamental en la integridad del esmalte, controlando el proceso de desmineralización y remineralización durante las primeras etapas de desarrollo de la caries. Úsuaga explica que cuando existe una sobresaturación de iones presentes en la saliva (flúor, calcio, fósforo), éstos se convierten en una fuente de reemplazo cuando el esmalte presenta lesiones, mientras que, las glicoproteínas y fosfoproteínas se encargan de regular el

nivel de calcio, por otro lado, las proteínas que tienen la tarea de unir y atraer los iones de calcio a los de hidroxapatita, son la prolina y la estanterina. Para que lo anterior suceda, el pH salival debe encontrarse arriba de los 5.5, de no ser así, el efecto remineralizante de la saliva natural se verá limitado, afectando así la ganancia de iones; la capacidad para remineralizar lesiones ante la presencia de saliva artificial tiende a ser aún más reducida, puesto que entre los ingredientes que ésta posee, se encuentra la carboximetilcelulosa, ingrediente que aumenta la viscosidad y complica el paso de calcio y fosfato hacia el área desmineralizada (ver figura 3 (6)).

Figura 3. Entre los componentes de la saliva encontramos minerales de calcio y fosfato, mismos que son aprovechados durante los procesos DES-RE



Fuente: <https://www.odontoespacio.net/noticias/desarrollan-nuevos-medios-para-tratar-caries-dentales-incipientes/>

- **Remineralización**

La remineralización es el proceso a través del cual los iones de calcio (Ca) y fosfato (PO) promueven la formación de nuevos cristales en las áreas afectadas por la desmineralización (17).

Barrancos en el 2006, la describió como el intercambio activo que existe entre los iones del esmalte y los del entorno oral, que se desarrolla cuando existe un alto contenido de sodio y fosfato en la saliva y un pH mayor a 5.5.

Cuatro años después, Simone menciona que la remineralización tiene lugar en un esmalte relativamente desmineralizado y que la obtención de los minerales necesarios puede provenir del mismo medio oral, de agentes externos o mejor aún, de una combinación de estas. Carrillo en ese mismo año, la define como el acúmulo de calcio y fosfato sobre las áreas dentales que han perdido estructura mineral, dando a entender, que los iones Ca y PO actúan como un reemplazo. Para Castellanos et al., la remineralización es un proceso fisicoquímico, que debe su origen a la sobresaturación de iones en el esmalte, lo que tiene como consecuencia, la formación de hidroxiapatita. En el 2013, Fuenmayor explica que más que formar una estructura intacta, la incorporación de nuevos iones, forman una tejido aún más sólido, afirmando que éste es más resistente, puesto que, al incorporar flúor a su composición, los cristales resultantes serán menos carbonatados y tendrán un mayor tamaño (6,17).

Para Alhamed et al., más que un proceso, la remineralización es un tratamiento que debe ser empleado en caries no cavitadas, puesto que detiene el avance de la lesión. Fue en 1996, que Backer Dirks encontró que casi el 50% de las lesiones cariosas en jóvenes, conocidas como “manchas blancas”, podían ser remineralizadas; tal afirmación era posible, ya que una superficie desmineralizada se traducía en una superficie porosa, en donde el nivel de captación de iones de fluoruro era superior a la de una superficie intacta. Este descubrimiento, llegó a revolucionar a la Odontología que conocíamos, en donde “extensión por prevención”, regla número uno para tratar la lesión cariosa, se modifica a “tratamientos mínimamente invasivos” (18,19).

Sin embargo, debemos tener a consideración, que no todas las lesiones por caries pueden ser remineralizadas, siendo, las caries incipientes las que mejor responden al proceso. Ramesh et al., también hace mención que las

caries activas son más fácil de remineralizar, ya que los iones atraviesan mucho mejor en estructuras cariadas, lo anterior tiene sentido, puesto que los cristales de hidroxiapatita al no encontrarse densamente ordenados, permiten que el paso y la incorporación de minerales sea más sencillo (14).

Conocer los mecanismos en los que la remineralización sucede de manera natural y los elementos involucrados durante el proceso, posibilitan la creación de nuevos métodos y materiales que ayudan a restituir la estructura dental perdida (esmalte y dentina) durante procesos patológicos y maniobras operatorias llevadas mal a cabo. La recuperación de áreas desmineralizadas es un concepto deseable hoy en día, puesto que lo que se busca actualmente es conservar el mayor tejido dental posible, de esta manera, el paciente tendrán una mejor calidad de vida, a la par que los procedimientos dentales serán menos invasivos y dolorosos; por otra parte, cuando el proceso carioso es avanzado, y la remoción del tejido es inevitable, un correcto diagnóstico pulpar de la pieza dental y una eliminación selectiva del tejido cariado, permitirán las condiciones idóneas para detener el avance de la lesión, promover los mecanismos defensivos necesarios, para así seleccionar el material apropiado que nos ayudará en el proceso de remineralización. La restauración del colágeno alterado tiene un papel vital en el restablecimiento de las propiedades micromecánicas de la estructura afectada, no obstante, dicho proceso no es fácil, ya que, como mencionamos anteriormente, tanto la fase inorgánica (cristales de hidroxiapatita) como la fase orgánica (colágeno tipo I) (20).

La remineralización es un proceso que sucede de manera natural a lo largo del ciclo de vida del diente, no obstante, con las nuevas tecnologías, este proceso puede ser reproducido gracias a la biomimesis. Cuando el proceso sucede de forma innata, la producción del nuevo tejido dependerá de los cristales de hidroxiapatita remanentes, así como del contenido mineral de la

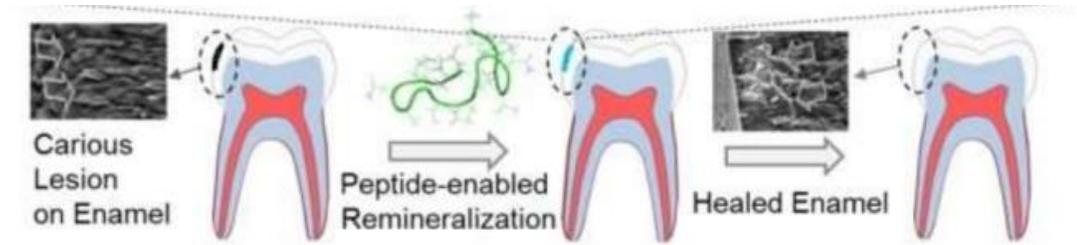
capa superficial de la lesión, incluyendo la ubicación y la densidad de ésta; si no existen o son pocos los cristales residuales, no habrá remineralización, no olvidemos también que, la remineralización convencional necesita de una saliva concentrada de iones que ya mencionamos anteriormente (20).

Chávez-Campuzano et al., en el 2016, describe que la remineralización en un proceso en donde los iones presentes en la saliva (calcio, fosfato, entre otros) se precipitan en un esmalte parcialmente desmineralizado y dan como resultado en primera instancia compuestos insolubles, que posteriormente se convertirán en solubles, asegurando la posibilidad de remineralización de algunas lesiones cariosas (7). En 1991, los autores Ten Cate y Featherstone comprobaron que el proceso para llegar a la remineralización, un proceso desmineralizante va por delante, puesto que, a medida que éste último avanza, el grado de saturación mineral de la fase acuosa aumenta, llegando a un punto de sobresaturación, lo cual frena la pérdida de minerales y facilita la precipitación de los mismos. La superficie del esmalte es la más beneficiada durante este proceso, ya que todos los iones de calcio y fosfato provenientes del biofilm, de la capa subsuperficial del esmalte y de la saliva, son captados y concentrados por el tejido dental (8).

Por otra parte, la remineralización tisular guiada, se apoya de materiales biomiméticos que tratan de imitar a las proteínas de la matriz inorgánica, que son las encargadas de inducir Fosfato de Calcio Amorfo (ACP) dentro de la fibras de colágeno; ésto sucede independientemente de si existen cristales de apatita o no, ya que en enfoque de esta estrategia es la creación de nanocristales a partir de los cristales remanentes, mismos que son pequeños y capaces de penetrar entre las moléculas de colágeno adyacentes, para así, establecer un orden jerárquico y obtener un colágeno mineralizado (ver figura 4). Lo anterior se conoce como efecto “Bottom up”, puesto que el crecimiento que se genera es de abajo hacia arriba, ésta estrategia ha sido utilizada en

dentina completamente desprovista de fosfoproteínas, la cual puede encontrarse parcial o completamente desmineralizada, teniendo un resultado remineralizante exitoso (20).

Figura 4. La remineralización tisular guiada es un auxiliar en casos donde los iones que obtenemos de manera natural no son suficientes, implementando agentes externos.



Fuente: <https://www.odontoespacio.net/noticias/desarrollan-nuevos-medios-para-tratar-carries-dentales-incipientes/>

Carrillo en su artículo menciona que en el caso de existir una lesión incipiente, la remineralización tendrá dos grandes efectos (15):

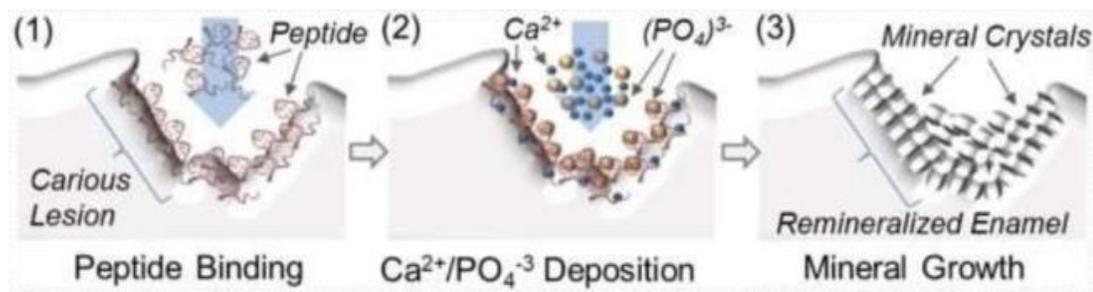
- 1.- Reducción del tamaño de la lesión.
- 2.- La estructura remineralizada es más resistente.

No importa si la vía de remineralización es natural o guiada, los efectos siempre serán los mismos, ya que como hemos mencionado, el proceso de remineralización tiene como finalidad reemplazar los minerales perdidos, incluyendo el fluoruro, que al unirse con la hidroxiapatita, formarán fluorapatita. Esta combinación nos da como resultado cristales de mayor tamaño a los originales y con mayor resistencia a la disolución por ácidos, características notables que hacen a este nuevo tejido más fuerte que el original (16).

Como ya lo hemos mencionado, la remineralización ocurre bajo un pH neutro, donde los iones se encuentran dispersos en la saliva. Si el pH

aumenta los iones Ca_2^+ , PO_4^{3-} y OH^- quedan disponibles para reconstruir los prismas que se encuentran carentes de estos iones, cuando la saliva se sobresatura de iones, estos comienzan a formar enlaces y a deshidratarse, formando núcleos sólidos, quienes se precipitan en forma de cristales en los espacios del esmalte. Recordemos que estos cristales serán por mucho diferente a los originales, debido a que la cantidad de mineral depositado sobre el área, dará como resultado un crecimiento al azar de cristales dentro los poros del esmalte (ver figura 5) (9).

Figura 5. Durante el proceso de remineralización, los iones de calcio y fósforo se precipitan en el interior de la lesión para promover la creación de nuevos cristales de hidroxiapatita.



Fuente: <https://www.odontoespacio.net/noticias/desarrollan-nuevos-medios-para-tratar-caries-dentales-incipientes/>

- **Desmineralización**

La desmineralización es un proceso reversible en donde sucede la pérdida de minerales del esmalte, comúnmente es una respuesta ante ataques ácidos causados por alimentos o bacterias. Cuando el desequilibrio persiste durante el ciclo natural del proceso y la pérdida de minerales continúa, se producirán los primeros signos de una lesión cariosa (5).

Vinod et al., también la describen como un proceso reversible, puesto que los cristales de hidroxiapatita (HA) que fueron afectados durante el transcurso, pueden ser remineralizados si las condiciones orales favorecen este proceso.

Como se mencionó en el párrafo anterior, el desencadenante de la desmineralización son los ataques ácidos, los cuales son causados a través de cuatro diferentes maneras (21):

- 1) Dieta (esta incluye bebidas y medicamentos).
- 2) Biofilm oral patógeno.
- 3) Hábitos de higiene bucal.
- 4) Condiciones sistémicas como reflujo gastroesofágico (ERGE) o xerostomía.

Cualquiera que sea la causa, lo que provocará esto, será un cambio drástico en el pH salival, dando pie a una disolución de los componentes químicos tanto de la matriz orgánica como de la inorgánica, aumentando al mismo tiempo la proporción de agua que existe en el esmalte y dentina, facilitando así, el paso de los ácidos a través del diente y dejando salir el contenido iónico al medio bucal (19).

En contraste, Orellana en el 2016, define que este proceso no es más que la pérdida de elementos de la matriz inorgánica del tejido dentario, debido a la presencia de ácidos resultado del metabolismo de los carbohidratos; y a diferencia de los anteriores autores citados, considera que la pérdida mineral es definitiva e irreversible, dando como resultado la famosa “mancha blanca”, primer signo de la caries dental (17).

En Ortodoncia, la desmineralización es uno de los efectos secundarios menos deseados durante el tratamiento, ya que los aditamentos como lo son brackets, bandas, alambres, entre otros, obstaculizan el llevar a cabo una correcta higiene oral, produciendo una acumulación inusual de placa dentobacteriana, elevando el riesgo de presentar un proceso desmineralizante. Acorde a estudios realizados en el 2019, las lesiones por manchas blancas o también conocidas por sus siglas en inglés como WSL,

se desarrollan tan solo un mes de haber sido colocado los aditamentos, prevaleciendo del 2% al 96% después del tratamiento; también Dai et al., manifiestan en su artículo que la desmineralización no solo daña la estructura dental, ya que hablando en esta área específicamente, viola el principio estético de ésta, haciendo imperativo el uso de otros procedimientos después de concluido el tratamiento ortodónticas. Por ello, la detección oportuna y precisa de las WSL combinada con un tratamiento remineralizante adecuado son cruciales al momento de detener el proceso de formación de caries (22).

En términos terapéuticos, la desmineralización tiene una ventana de tiempo en la cual se es posible detenerla o revertirla, particularmente durante estadios tempranos, por lo tanto, se ha determinado que es posible revertir las lesiones cuando se reproduce un ambiente favorable para la remineralización, que es su mecanismo antagónico (23).

Srilatha KT et al., en el 2016 describe que la desmineralización es resultado de una química compleja entre la relación que tienen entre sí las bacterias, la dieta y la saliva. Al igual que en la remineralización, el pH salival tiene un rol fundamental, ya que al disminuir, da lugar a la desmineralización, dotando a la cavidad oral de una escasez de minerales en relación con el contenido mineral del diente. Un pH bajo puede producirse ante cualquiera de las situaciones anteriormente descritas, cuando éste desciende por debajo de los 5.5, los cristales de hidroxiapatita, que representan el 95% del esmalte y el 70% de la dentina comienzan a disociarse (16).

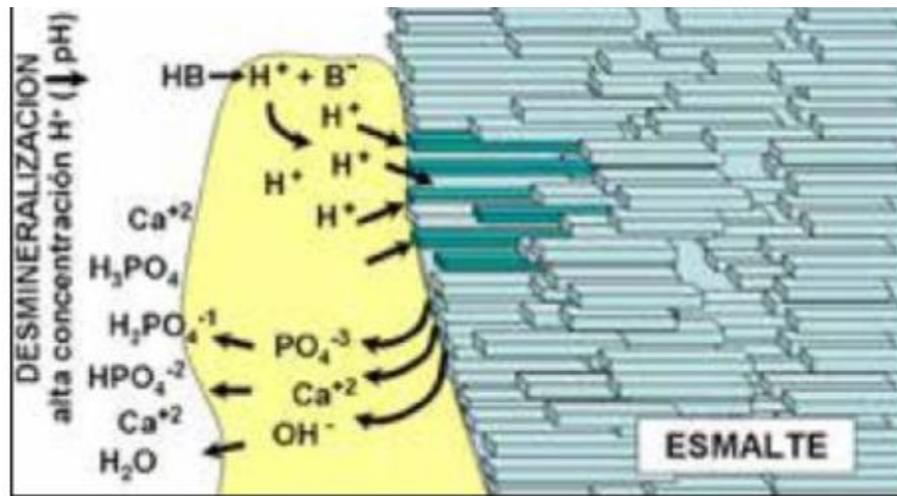
La fase de desmineralización inicia con la formación de ácidos orgánicos, principalmente de ácido láctico y acético, a medida que éstos se acumulan y trascienden en el diente por medio del agua, logran penetrar en sitios susceptibles del esmalte, lo que conlleva a la inminente pérdida de calcio y

fosfato circundante entre los cristales. Aunque el esmalte es el tejido más duro del cuerpo humano y por ende resistente al desgaste, no deja de ser un tejido soluble en ácidos, que bajo condiciones anormales en la cavidad bucal, como el cambio abrupto en el pH salival, hacen que los cristales se disuelven con rapidez (8).

Entre las sustancias, que afectan la integridad de los tejidos duros del diente, se encuentran también los ácidos carboxílicos y los ácidos cítricos (provenientes directamente de alimentos y bebidas carbonatadas), que provocan la quelación del calcio. Durante la desmineralización, la liberación de calcio antecede a la liberación de fosfato en el esmalte. Aunque se pierdan iones minerales, la integridad del diente puede estar relativamente conservada, pero mostrándose alta sensibilidad a cambios a estímulos de temperatura (calor, frío), de presión y dolor (23).

Moya explica que los ácidos orgánicos, subproductos derivados de la acción bacteriana disminuyen el pH y liberan H que se difunden hacia el interior del esmalte, es allí donde reaccionan con los iones PO_3 y OH para formar fosfatos primarios (HPO_4), fosfatos secundarios (H_2PO_4), ácido fosfórico y agua. La disminución de la concentración de los iones PO_3 y OH, hace que la solución se encuentre insaturada, en consecuencia, la hidroxiapatita comienza a disolverse, proceso que no se detiene hasta que la saturación se restablezca. Así mismo el Ca_2 liberado por la pérdida de PO_3 y OH es capturado por proteínas de la placa y de la saliva lo que contribuye a la disminución total de todos los iones que hacen parte de la hidroxiapatita. (ver figura (9)).

Figura 6. Proceso de desmineralización del esmalte.



Fuente: imagen de Castellanos 2013, tomada de Bergara EP, 2020, "Dieta y caries dental" (17).

2.2 CARIES

La caries dental es una enfermedad que afecta a todos los tejidos del diente, la causa de ésta, es multifactorial, sin embargo, se ha demostrado que las interacciones entre bacterias cariogénicas procedentes de PDB, carbohidratos como los azúcares y un desequilibrio prolongado en los procesos DES-RE, son una triada importante para el desarrollo de la condición (19).

Alhamed et al., al igual que diversos autores concuerdan en, que la caries es la enfermedad dental más prevalente a nivel mundial, representando una carga para los servicios de salud, ya que tratarla, representa entre el 5% y el 10% del gasto sanitario en países industrializados (14).

Venkatesan et al., la define como un proceso dinámico lento que ocurre cuando la desmineralización supera a la remineralización, que durante las primeras etapas de la aparición de la lesión, la intervención no invasiva puede ser la solución. En el mismo artículo, el autor cita a Miller, creador de la “Teoría Quimioparasitaria”, establece que la caries es producto de la disociación de los cristales minerales a causa de ácidos, mismos que provienen de la transformación de los carbohidratos de la dieta por las bacterias presentes en la cavidad oral (24).

Ozurhan F et al., hacen mención de otros factores que intervienen en la formación de caries, tales como, el nivel socioeconómico y sociocultural, factores de riesgo individuales y hábitos de higiene del paciente. La lesión en sus primeras etapas al manifestarse en una superficie visible como lo es el esmalte, hace posible tratarla, así como, detener el proceso carioso; estas lesiones suelen ser detectadas fácilmente durante las citas de rutina, ya que la estructura desmineralizada es más porosa que el esmalte sano, y al tacto con el explorador, podremos sentir una superficie irregular, ocasionando que

nuestro instrumento se “atore”. En este artículo, el autor hace hincapié en la prevención de ésta, específicamente del sector infantil, proponiendo una educación para los padres acerca de la dieta y la higiene oral que los niños deberían de llevar a cabo, así como el implemento de agentes protectores por parte del clínico (5).

Por su parte, La Organización Mundial de la salud (OMS) declara que la caries es producto de la acción de la placa dentobacteriana por conversión de los azúcares procedentes de la dieta, por lo que, la ingesta excesiva de azúcares junto con otros factores como la baja exposición al flúor y la deficiente eliminación de la placa dentobacteriana, son considerados factores de riesgo para la aparición de caries; durante el desarrollo de esta patología el paciente puede presentar dolor, así como, pérdida de órganos dentarios e infección, como consecuencia de ésta. También por medio de la OMS existe el reporte de que, tan sólo en países desarrollados, la caries dental constituye una patología con una prevalencia, de hasta 95% de personas afectadas constituyendo un problema de salud mundial. Puede considerarse como una enfermedad cosmopolita, pues no importa la zona geográfica para su desarrollo, ni tampoco factores como etnia, sexo y edad (23,25).

En la Norma Oficial Mexicana NOM-013-SSA2-2015, la caries está definida como “la enfermedad infecciosa, bacteriana, transmisible, multifactorial que provoca la destrucción de los tejidos del diente como consecuencia de la desmineralización provocada por los ácidos que genera la placa bacteriana a partir del metabolismo de los carbohidratos” (26).

Acorde a la revisión bibliográfica, queda claro que esta patología no es tan sólo de origen microbiana, sino que en su complejidad necesita de la interacción de factores de diversa índole para crear un ambiente desfavorable que, mediante el desbalance negativo de remineralización y

desmineralización (a favor de ésta última) propician el desarrollo de lesiones en los tejidos duros de los dientes; las consecuencias de esta varían, y comienzan con la aparición de cavitaciones, alteraciones del complejo pulpo-dentinario, pérdida de piezas dentales hasta la disminución de la calidad de vida con repercusiones a la salud general. Dentro de los grados de afectación que la caries produce encontramos diversas formas de clasificarla, entre las cuales están: acorde a Black, al tejido afectado, a su actividad (activa o inactiva), etc., pero para fines de este trabajo, solo describiremos las antes escritas (27).

2.2.1 Clasificación

- **De Black**

Durante muchos años se utilizó la clasificación de caries dental de Black que data desde 1908 y la cual consistió originalmente en cinco categorías a las que se agregaría posteriormente una más, es la clasificación más conocida y la que se sigue enseñando en las universidades (ver tabla 1) (28).

Tabla 1. Clasificación establecida por G.V Black

Clasificación de caries dental de GV Black		
Clase	Descripción	Ilustración
Clase I	Caries en la superficie oclusal de molares y premolares.	
Clase II	Caries en las superficies interproximales de premolares y molares.	
Clase III	Caries en las superficies interproximales de dientes anteriores.	
Clase IV	Caries en las superficies interproximales de dientes anteriores que incluyen el tercio incisal.	
Clase V	Caries en el tercio cervical de la superficie vestibular o palatina.	
Clase VI	Caries en las cúspides de un posterior o superficie incisal de un anterior.	

Fuente: Macri et al., 2017, "Caries Classification" (28) (ver anexo 1)

- **De acuerdo al tejido afectado**

- **Caries de esmalte (superficies lisas):** conocida también como caries incipiente, es el tipo de esta lesión en donde la microestructura del diente se encuentra alterada ya que hay una pérdida progresiva de iones fosfato y calcio. La lesión inicial comienza cuando hay una disminución del pH, dando lugar a un proceso de desmineralización, que si no es frenada, va ampliándose en forma de “cono” hacia el interior de la pieza dentaria, del cual podemos distinguir cuatro zonas (ver figura 6) (29):

1.- *Zona translúcida:* es la zona en donde se produce activamente el proceso DES-RE. Aquí los iones de fosfato y calcio procedentes de otras partes de la lesión se van anclando de nuevo a la matriz.

2.- *Zona oscura:* es la que determina el avance de la lesión, se encuentra desmineralizada y caracterizada microscópicamente con poros y fisuras.

3.- *Cuerpo de la lesión:* es la zona dañada en sí, donde hay mayor porcentaje de desmineralización, los espacios dejados por la pérdida de material inorgánico son ocupados por agua o bacterias, que constantemente están produciendo ácidos.

4.- *Capa superficial:* es la zona más externa y se encuentra re-mineralizada gracias al calcio procedente tanto de la saliva, así como el procedente de materiales exteriores.

Figura 6. A medida que avanza la caries, observamos que esta progresa en forma de “cono invertido”, con la base dirigida hacia la superficie y el vértice dirigido hacia la línea amelodentinaria.



Fuente: <http://patoral.umayor.cl/patoral/?p=1589>

- **Caries de esmalte (puntos y fisuras):** son aquellas lesiones que se localizan en los surcos y las fosas de las piezas dentarias y que debido a su anatomía, hacen complicada una correcta remoción de la placa dentobacteriana (ver figura 7). Las caras oclusales de dientes posteriores, las caras palatinas de dientes antero-superiores y molares superiores así como, las caras vestibulares de molares inferiores presentan una mayor retención mecánica debido a los surcos que presentan, facilitan el desarrollo de caries ; cuando estos surcos son profundos (esta condición la encontramos principalmente en dientes recién erupcionados), el odontólogo puede colocar un sellador de fisuras y fosetas, el cual ayudará a disminuir las posibilidades de desarrollar una lesión cariosa (17).



Figura 7. Caries de fisuras y fosetas en un diente posterior.

Fuente: <https://puigbaldrich.com/sellado-preventivo-de-fosas-y-fisuras-en-adolescentes-y-ninos/>

- **Caries de dentina:** suele producirse como progresión de la caries en el esmalte, por su localización tiene mayor impacto clínico ya que la dentina, al ser un tejido innervado recibe todos los estímulos del medio exterior, transformándolos en una respuesta que comúnmente conocemos como dolor. El avance de esta caries, es mucho más rápida a comparación con la caries del esmalte, ya que al ser una estructura menos mineralizada presenta un mayor grado de porosidad; también es importante mencionar que, los microorganismos bacterianos predominantes en este tipo de lesiones son aquellos que son capaces de producir enzimas proteolíticas como hidrolíticas, tales como: *Streptococcus*, *Lactobacillus*, *Actinomyces*, *Prevotella*, entre otras más (ver figura 8) (29,17).

Figura 8. Infante de treinta y cinco meses de edad que presenta caries de dentina en el primer molar inferior izquierdo.

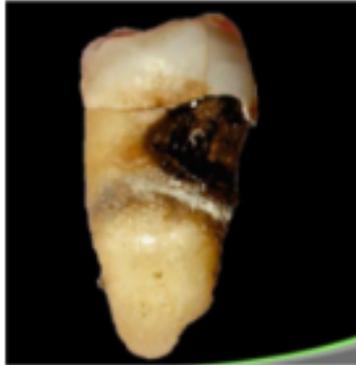


Fuente: <https://la.dental-tribune.com/news/minima-intervencion-en-odontopediatria/?cwpreview=1>

- **Caries radicular:** se caracteriza por iniciar su desarrollo debajo de la línea amelocementaria, dañando esmalte, dentina y pulpa a su paso; se desarrolla con mayor frecuencia en pacientes geriátricos y en personas que presentan recesiones gingivales, dejando al descubierto la superficie radicular y exponiéndola a los ataques ácidos de los que ya hemos

hablado. Las superficies dentales más afectadas en este tipo de caries, suelen ser las interproximales y las vestibulares (ver figura 9) (17).

Figura 9. Premolar afectado por caries radicular, el daño era tan grande, que era imposible ser restaurado.



Fuente: <https://www.propdental.es/blog/odontologia/caries-radicular/>

- **De acuerdo a su actividad (activas y no activas)**

En este rubro, distinguimos dos tipos de lesiones: activas y no activas (ver figura 10), en el caso de las primeras, existe una pérdida de la estructura mineral, la cual sucede paulatinamente ya que no es un proceso que suceda de un día a otro. En las etapas iniciales, la zona afectada la superficie se torna opaca (sin brillo) y toma un color amarillento/blanquecino, que al tacto con el explorador se siente áspera; comúnmente la ubicación de este tipo de lesiones son surcos, fisuras y clases V y VI de Black, sin embargo cuando la lesión sigue progresando y no se le provee de algún tratamiento para detenerla, la dentina se vuelve blanda, puesto que la caries ya se encuentra en una etapa más avanzada. Vinod et al., considera que el concepto de “caries activa” debería ser reemplazado por el de “lesión de caries activa” (21).

Por otro lado, en las lesiones inactivas o también llamadas detenidas, el proceso de pérdida de la estructura mineral no avanza más; en etapas iniciales, la superficie afectada se vuelve blancuzca, amarronada o negra, la cual puede ser lustre o no, y que al tacto con el instrumento se siente dura; la ubicación más usual de este tipo de lesiones son las superficies libres que se encuentran lejos del tercio cervical. El autor describió este tipo de lesiones como una “cicatriz” producida por la actividad pasada de la enfermedad (21).

Figura 10. Caries activa e inactiva en un paciente pediátrico (de derecha a izquierda).



Fuente: <https://la.dental-tribune.com/news/los-fluoruros/>

En la actualidad existen más de 29 métodos para el diagnóstico de caries a nivel mundial, dichos métodos se pueden clasificar en convencionales y no convencionales, entre las primeras encontramos el sistema ICDAS, sistema NYVAD, SIC, CPOD, entre otros; en cuanto a los métodos no convencionales encontramos la trasiluminación y la fluorescencia. Todos ellos son diferentes en aplicabilidad y precisión y han estado evolucionando a través del tiempo por la necesidad de mejorar la exactitud de un diagnóstico y proporcionar un tratamiento clínico eficaz acorde a éste; sin embargo, para fines de este trabajo en donde el grado de desmineralización

sirve para identificar precisamente donde se encuentra una caries en su etapa inicial, el índice ICDAS es el más adecuado, por lo cual se va a describir a continuación (22):

2.2.2 Sistema ICDAS (International Caries Detection and Assessment System)

El índice del Sistema Internacional de Detección y Evaluación de Caries o, por sus siglas en inglés International Caries Detection and Assessment System (ICDAS) es un sistema de detección visual reconocida internacionalmente que permite la detección y evaluación detalladas de la caries dental con diferentes grados de evolución; los estudios han demostrado que el sistema tiene una gran consistencia y correlación con el examen histológico. De acuerdo a Dai et al., este índice es la mejor manera de detectar cambios en el esmalte, en comparación con radiografías de mordida, dispositivos de fluorescencia láser y dispositivos de cámara de fluorescencia (22). ICDAS propone una escala de puntuación sobre el estadio o severidad del proceso carioso con fines diagnósticos; la puntuación de éste ayuda a detectar caries coronal en un intervalo de 0 a 6 de acuerdo con la gravedad de la lesión, entre cada puntaje se señalan pequeñas variaciones de los signos visibles macroscópicamente, asociados a las características superficiales (ver tabla 2) (30).

Tabla 2. Clasificación ICDAS II

Criterios ICDAS II (Creado en Baltimore, Maryland, USA 2007)			
Puntaje	Criterio	Tratamiento	Ilustración
0	Sin evidencia de caries al secado con aire por 5 s.	Control.	
1	Mancha blanca/marrón en esmalte seco (Caries inicial).	Preventivo, flúor y profilaxis.	
2	Visible cambio en el esmalte: mancha blanca/marrón en esmalte húmedo.	Preventivo, flúor y profilaxis.	
3	Ruptura localizada del esmalte debido a caries (sin dentina visible).	Preventivo y operatorio.	
4	Sombra oscura subyacente de la dentina.	Preventivo y operatorio.	
5	Cavidad diferenciada con dentina visible.	Operatorio.	
6	Cavidad amplia y diferenciada con dentina visible.	Operatorio	

Fuente: <https://helensoleyrr.wordpress.com/2016/10/02/clasificacion-de-la-caries-icdas/>

(ver anexo 2)

2.3 MATERIALES REMINERALIZANTES

Actualmente, el tratamiento de lesiones cariosas conlleva un enfoque más minimalista, en donde un diagnóstico precoz y una terapéutica mínimamente invasiva, son la clave para restaurar el tejido perdido durante el proceso carioso; ésta nueva tendencia no sería posible sin el uso de componentes que promueven la remineralización, los cuales están al alcance tanto del profesional como del público. Éstos materiales pueden contener o no flúor, de tal manera que los clasificaremos en dos grandes rubros: agentes fluorados, como el Fluoruro de Diamino de Plata (SDF) y agentes no fluorados: CPP-ACP (Fosfato de Caseína-Fosfato de Calcio Amorfo), CSP (Fosfato de Sacarosa de Caseína), TCP (Trifosfato Cálcico), entre otros. Como hicimos mención en el capítulo anterior, no todos los grados de caries son candidatos al tratamiento, sin embargo, en el transcurso del trabajo haremos hincapié bajo qué circunstancias se emplea cada uno, ya que algunos de ellos, trabajan mejor en esmalte que en dentina y viceversa. Estos novedosos y vanguardistas materiales abren la puerta a una nueva fase en la Odontología, pues evitan la necesidad de un tratamiento invasivo, dejando obsoleto así el concepto “Extensión por prevención” y enfatizando la importancia de la prevención (21).

Hace 150 años, se consideraba “gold standard” la completa eliminación del tejido cariado, con el agregado de “extensión preventiva”, asegurando que los márgenes remanentes fueran áreas sanas ; tal premisa ha sido modificada a la par del desarrollo de materiales bioactivos y el abordaje mínimamente invasivo, mismos que han ido ocupando un espacio cada vez mayor en la práctica diaria del odontólogo, soportados a su vez por la sólida evidencia que apoya la noción de que es innecesaria e injustificada la eliminación de todo el tejido cariado (31). Venkatesan et al., y Oznurhan et

al., en sus respectivos artículos, señalan que la remineralización de lesiones incipientes a través de productos que ayudan a generar este proceso, conduce a una nueva época de la Odontología Preventiva, ya que, los propósitos de éstos materiales son dos (24,5):

- 1) Proteger el tejido dental sano.
- 2) Detener la formación de la lesión cariosa.

Alhamed et al., en su artículo, cita diferentes estudios que se han realizado en años anteriores y que tuvieron como finalidad, determinar que agente remineralizante era la mejor opción; Patil et al., en el 2013 realizaron un estudio para confrontar los efectos remineralizantes del CPP-ACP, CPP-ACFP, Fluoruro de Fosfato Tricálcico (TCP-F) y de la saliva artificial, a través de un láser y un microscopio electrónico; los resultados obtenidos arrojaron que todos ellos, a excepción de la saliva artificial, tenían un efecto similar. Dos años después, Lienna et al., llevaron a cabo un estudio comparativo entre el CPP-ACP y el Fosfato de Fluoruro de Calcio Amorfo (CPP-ACFP) vs el barniz de flúor en lesiones cariosas conocidas como “manchas blancas” o WSL por sus siglas en inglés. En el 2017 Kamath et al., quisieron comprobar la efectividad del TCP, una pasta dental fluorada, CPP-ACFP y la nanohidroxiapatita como tratamiento de la caries en etapas iniciales, ejecutando un estudio *in vitro* y concluyendo al final de éste, que todos mostraban efectos remineralizantes, argumentando que no encontraban diferencias significativas entre ellos (18).

Por su parte el autor y colaboradores en 2019, también realizaron un estudio *in vitro* en donde pusieron a prueba el nivel de remineralización del Fluoruro de Sodio (NaF), TCP y la nanohidroxiapatita, siendo ésta última, la que mejor respuesta mineralizante tuviera; a pesar de los resultados obtenidos, el autor recomienda seguir haciendo más investigación, esto, con el propósito de

evaluar a largo plazo los efectos de dichos agentes. Tanto Alhamed, como Kamath hicieron uso de un dispositivo láser llamado DIAGNOdent[®], que no es más que un instrumento diagnóstico, que consiste en “iluminar” el diente, para así medir la fluorescencia del esmalte, permitiendo la detección precoz de lesiones cariosas no cavitadas; Luissi et al. (2004) y Moriyama et al. (2014) concuerdan que este sistema es más objetivo y preciso que el examen visual, ya que cuando se utiliza dentro de los primeros estadios, facilita el empleo de medidas preventivas o en su caso, de la correcta elección de un material remineralizante como tratamiento (18).

Joshi et al. en el 2018, hace mención de agentes no fluorados como lo son: CPP-ACP (Fosfato de Caseína-Fosfato de Calcio Amorfo), TCP (Trifosfato Cálcico), vidrios activos, xilitol, fosfato de calcio no estabilizado con fluoruro de sodio, complejo de carbonato con arginina, señalando que estos, restauran la salud de los tejidos minerales bucales sin los efectos secundarios que tendría un agente fluorado. El objetivo de los materiales remineralizantes (fluorados o no) es restituir los iones perdidos durante el proceso carioso, incorporando calcio y fosfato a la estructura dental, no obstante, varios estudios in vitro han demostrado que estos agentes son un coadyuvante en el tratamiento para la hipersensibilidad dentinaria; como lo mencionamos antes, estos materiales no solo se limitan al uso profesional, pudiendo encontrarlos en el mercado como dentífricos y chicles, mientras que en los nuevos materiales de restauración dental se están añadiendo con más frecuencia (14).

Nadie duda de la eficacia del flúor para la prevención de caries, sin embargo la incorporación de este componente en pastas dentales y agua potable, así como su uso de manera desmesurada, ha provocado efectos indeseables en la población (fluorosis), siendo la infantil la más afectada; lo anterior ha

creado la necesidad de desarrollar materiales alternativos que no contengan flúor, los cuales conoceremos como Agentes Remineralizantes Tópicos sin Fluoruro (NFTRA), entre los cuales encontraremos: fosfosilicato de sodio y calcio, polioles, fosfato dicálcico y teobromina. Además de los formatos ya mencionados, en los que los podemos encontrar en el mercado, Srilatha et al., hace mención otros medios disponibles, como lo son los barnices, pastillas, enjuagues bucales, alimentos y bebidas (16).

Para Lafisco et al., inducir la precipitación de nuevos minerales mediante la aplicación de materiales que liberan gradualmente iones Ca_2 y PO_3^- o que imitan la fase mineral del tejido huésped son la mejor opción, sin embargo, el diseño de formulaciones que cubran ambos procesos sigue siendo un desafío. La autora determina que a pesar de los avances de la ciencia (hablando en el campo odontológico), la desmineralización de los tejidos duros dentales sigue siendo la principal causa de la caries y la hipersensibilidad dental, puesto que la remineralización por la saliva rara vez se logra por completo, especialmente cuando existe un desequilibrio por largos periodos de tiempo entre cada una de las fases. Es así que el uso de una fuente externa de iones minerales para promover la producción de hidroxiapatita (HA) para detener la desmineralización y estimular la remineralización, se convierte en una alternativa que conlleva grandes beneficios; el proceso anteriormente descrito, también se puede lograr con la ayuda de materiales químicamente similares a los presentes en el tejido dental que pueden promover la reparación natural de los tejidos dañados, mejor conocidos como “materiales biomiméticos”, puesto que tratan de imitar la composición y estructura de la fase mineral de los huesos y los dientes. Entre estos, podemos encontrar diversas formas de fosfatos como el Fosfato de Calcio Amorfo (ACP) y Fluorhidroxiapatita (FHA), mismos que pueden

agregarse a materiales de restauración o aplicarse directamente sobre la superficie del diente (32).

Alrededor de la década de los sesenta la investigación en biomateriales comenzó a desarrollarse como ciencia, pero no fue hasta los ochenta que comenzó a tener auge, nombrando a éstos “materiales activos”, los cuales se caracterizan por tener la propiedad de reemplazar tejidos ausentes; actualmente, la investigación está más enfocada en desarrollar materiales activadores de células y tejidos, es decir “biomateriales regeneradores”; de esta manera, la ciencia de los biomateriales se vincula directamente a la Ingeniería de tejidos (rama de la bioingeniería que se enfoca en la recuperación de las funciones biológicas). Para lograr esto, se emplean polímeros, cerámicas, o una combinación de ellos, introduciendo así, la utilización de nanopartículas; en años recientes se han desarrollado este tipo de materiales para incluirlos en el ámbito odontológico, como por ejemplo nano-apatitas, presentes en algunos colutorios y dentífricos, las cuales interactúan con el biofilm y precipitan en la superficie del diente. No olvidemos también, que existen productos que contienen nanopartículas que ayudan al proceso de remineralización de las lesiones cariosas en etapas tempranas del esmalte, no obstante, el tratamiento de caries que involucran dentina se encuentra todavía en fase de investigación, trabajando en fases experimentales y, en algunos casos, comercializando diversos materiales dentales, esto último, con el objetivo de observar el efecto mineralizante que tienen sobre el tejido dentinario (20).

En la actualidad, existen distintos tipos de materiales para remineralizar el esmalte, sin embargo Dai et al., los clasifica en tres grandes grupos (22):

1.- *Agentes aplicado por el profesional:* estos agentes no necesitan la participación del paciente, puesto que su aplicación ocurre durante la visita

dental, es rápida y sencilla; entre las presentaciones más comunes encontramos barnices y espumas que contienen flúor como ingrediente principal. Duraphat (Colgate[®]), es uno de los barnices de fluoruro más utilizados con un contenido de NaF al 5% (22).

2.- *Agentes autoaplicados bajo la supervisión del profesional:* estos materiales requieren una estrecha cooperación de los pacientes, y pueden ser solo adquiridos mediante una prescripción médica. MI Paste plus[®] por ejemplo, es un dentífrico que contiene un 10% de CPP-ACP y 900 ppm de fluoruro (22).

3.- *Agentes de práctica diaria:* como pastas de dientes con flúor, las cuales, normalmente contienen alrededor de 1000-1500 ppm y enjuagues orales, con concentraciones de fluoruro de sodio variables, que van desde 0.05% (225 ppm) hasta el 0.2% (900 ppm) (22).

Como ya se ha mencionado, el desarrollo de estos materiales tienen como finalidad proporcionar iones de calcio y fosfato a la saliva para que en medida de lo posible, promuevan la remineralización; aun cuando el propósito de estos componentes está orientado en favorecer dicho proceso, se han observado diversos beneficios secundarios como: cambios favorables en zonas de erosión, disminución de la sensibilidad dentinaria, así como la inferencia de la adhesión bacteriana a la superficie dental. La creación de tecnologías minerales sintéticas, tienen como base compuestos de calcio, sodio, fosfato y sílice, que al reaccionar con la saliva se incorporan al diente, generando un depósito continuo y natural de hidroxiapatita; otra de las nuevas tecnologías está basada en el uso de fosfoproteínas derivadas de la leche, como la caseína, que ofrece una molécula amorfa de calcio y fosfato que puede ser liberada durante ataques ácidos (15).

- **Características**

Como todo material dental, existen ciertos requisitos que tienen que cumplir para ser aprobados por la FDA (Food and Drugs Administration), así como propiedades deseables por parte del profesional de la salud, los cuales se enlistan a continuación (5,16):

- 1) Debe de proveer calcio y fosfato a la subsuperficie de tejido a mineralizar.
- 2) No debe liberar una cantidad excesiva de calcio.
- 3) No debe ayudar a la formación de cálculo.
- 4) Debe trabajar bajo un pH ácido.
- 5) Puede utilizarse en pacientes xeróstomicos.
- 6) Debe intensificar las propiedades remineralizantes naturales de la saliva.
- 7) Debe aprovecharse de los beneficios del fluoruro, para que así, trabajen en conjunto.

Moya en su tesis en el 2018, indica que el tratamiento no invasivo de las lesiones de caries tempranas por remineralización tiene el potencial de ser un avance importante en el tratamiento clínico de la enfermedad y que la mejor estrategia para detenerla es enfocarse en sistemas que incitan el proceso de remineralización con la ayuda de los materiales ya mencionados; muchos de ellos han sido diseñados para intensificar la acción del fluoruro, del tal manera que las concentraciones orales de calcio y fosfato se agudizan. Una de las propiedades ideales de los agentes remineralizantes consiste en que los componentes de estos, precipiten lo más rápido posible sobre la estructura parcialmente desmineralizada, restaurando los cristales de apatita remanentes por unos más estables, dotando al nuevo tejido la propiedad de ser menos soluble ante ataques acidogénicos (9).

Este capítulo tiene como finalidad describir los productos que se encuentran actualmente disponibles, así como su modus operandi y sus aplicaciones terapéuticas.

2.3.1 Compuestos fluorados

El fluoruro es el agente de remineralización por excelencia, ya que no solo potencializa la remineralización de la estructura dental, sino que también, disminuye el proceso desmineralizante de ésta; diversos estudios que se han hecho en las últimas décadas, respaldan su eficacia, desarrollando así, diferentes presentaciones, las cuales abarcan desde geles, barnices, mousses, hasta materiales restauradores que liberan flúor (21,18)

Venkatesan et al., en el 2014 hace mención de los mecanismos de acción que el ión de flúor posee, los cuales incluyen que (24):

- El ion pueda intercambiarse con el grupo hidroxilo de la hidroxiapatita, formando un nuevo compuesto: Fluorapatita $[Ca_{10}(PO_4)_3F_2]$, un cristal más estable y menos soluble.
- El ion sea capaz de entrar en los espacios vacíos del cristal de apatita, proporcionando estabilidad y creando enlaces adicionales.
- Los compuestos a base de flúor puedan contribuir a la remineralización de lesiones incipientes.
- Los compuestos a base de flúor actúen como agente antimicrobiano, inhibiendo las vías metabólicas y fisiológicas de los microorganismos cariogénicos provenientes del biofilm, que producen ácidos orgánicos para desmineralización del tejido dental.

A pesar de que el fluoruro es el material de elección cuando se trata de prevenir lesiones cariosas, las desventajas y deficiencias de éste han llevado a la búsqueda de nuevas alternativas. Una de las limitantes que presentan

los fluoruros, es la capacidad para iniciar la remineralización y frenar la formación de caries cuando el ambiente oral se encuentra limitado de iones calcio y fosfato (presentes en la saliva); lo anterior se traduce en que bajo condiciones de disfunción salival, el grado de remineralización no es suficiente para prevenir el proceso de caries, dando como resultado la cavitación del tejido dental; razón por la que Srilatha expone que en ciertas partes del mundo se ha sugerido la exposición limitada de éste (5,16).

Chávez-Campuzano et al., en su artículo señala que el flúor cumple un papel elemental en el equilibrio entre los procesos de desmineralización y remineralización (DES-RE), ya que resultado de estas interacciones químicas, obtenemos: Fluorapatita (FA), Fluoruro de Calcio (CaF_2) y Fluoruro de Sodio (NaF), compuestos que están íntimamente relacionados a la inhibición del desarrollo de la caries; el proceso inicia con la sustitución de los grupos hidroxilos de la Hidroxiapatita (HA), dando origen a un compuesto más estable, resistente y con un grado de disolución menor, llamado Fluorapatita (FA). Los cristales de FA son 10000 veces menos soluble a comparación de los de HA, soportando ser disueltos bajo un pH crítico de 4.5, lo que quiere decir que serán más resistentes en presencia de un entorno ácido; no obstante, sólo en la superficie del esmalte la concentración de fluoruro es alta, formando Fluoruro de Calcio (CaF_2), nivel que se va disminuyendo hacia el interior (7).

Asimismo, Venkatesan et al., menciona algunos materiales que contienen fluoruro así como sus respectivos porcentajes y las instrucciones de empleo (ver tabla 3); el fluoruro en niveles óptimos tiene un efecto anticaries, que en propias palabras del autor lo considera “una bendición para la Odontología Preventiva” (24):

Tabla 3. Compuestos fluorados de uso comercial y profesional

Compuestos fluorados		
Vehículo	Porcentaje y tipo de fluoruro	Modo de empleo
Pasta dental	0.1% (Fluoruro de Sodio o NaF) 0.454% (Fluoruro de Estaño o SnF)	La que indique el fabricante.
Enjuague oral	0.05-0.2% (NaF)	La que indique el fabricante.
Barniz	5% (NaF)	Técnica Knutson: Profilaxis, secado, aislamiento (por cuadrante), aplicación del producto durante tres a cuatro minutos.
Barniz	8% (Fluoruro de Estaño o SnF)	Técnica Knutson: Profilaxis, secado, aislamiento de la pieza dental, aplicación del producto durante dos minutos.
Gel	1.23% (Fluoruro de Fosfato Acidulado o AFP)	Profilaxis y aplicación mediante cubetas dentales por sesenta segundos (es posible tratar dos o cuatro cuadrantes al mismo tiempo).

Fuente: Venkatesan et al., 2014, "Remineralizing Agents in Dentistry: A Review" (24)
(ver anexo 3)

- **Productos de venta libre**

Las pastas y los enjuagues bucales son los productos más comercializados para proveer fluoruro a la población en general, sin embargo, para los niños de edad preescolar, los primeros representan la mayor fuente de obtención, con un 57% del total del flúor ingerido; la solución a esta problemática de índole mundial, consiste en lograr la máxima acción anticaries con el mínimo riesgo de fluorosis, el cual depende tanto de la cantidad de pasta dental empleada, así como de la concentración de flúor de la misma. En la actualidad existen ciertas preocupaciones sobre los efectos adversos que provocan la saturación de este componente en los niños, debido al contenido de flúor que presentan las pastas dentales estándar, así como de la incapacidad de éstos para escupir; lo anterior ha llevado a recomendaciones para minimizar la ingesta accidental de flúor durante el cepillado dental (que por cierto, debe ser supervisado por un adulto), éstas incluyen el uso de dentífricos que no contengan más de 500 ppm (para niños de tres a seis

años) y 1000-1500 ppm (para niños mayores de seis años) (ver figura 11) (19).

Figura 11. Pasta dental Oral-B Stages[®], diseñada especialmente para niños entre 2 y 12 años.



Fuente: <https://latam.oralb.com/es/productos/pasta-dental-oral-b-stages>

De la Cruz Cardoso et al., señala que la efectividad de las pastas dentales se basa en la liberación de fluoruro al medio oral al momento de realizar la higiene oral; varios estudios han considerado necesario al menos 1000 partes por millón (ppm) de fluoruro para que ésta tenga efecto anticaries. Contrario a lo que Kapoor et al., sostienen en su trabajo, Cury y Tenuta señalan que las concentraciones menores a 1000 ppm en los dentífricos no han demostrado ser suficientes para la prevención de caries dental en ambas denticiones; respaldando esta idea, Ammari et al., han reportado mediante una revisión metódica, que las pastas dentales con baja concentración de fluoruro no son tan eficaces en la prevención de la caries en dientes permanentes, en comparación con aquellas que poseen concentraciones de más de 1000 ppm. Para compensar la cantidad de flúor (F) que puede

desactivarse durante el almacenamiento del producto, los fabricantes añaden 500 ppm de más, dando un total de 1500 ppm (33).

Por su parte, los enjuagues bucales con flúor se sugieren para pacientes mayores de cinco años, personas propensas a desarrollar caries y pacientes con aparatos ortodónticos y/o prótesis (ver figura 12) (24).

Figura 12. Enjuague Colgate® Plax Ice libre de alcohol.



Fuente: <https://www.colgate.com/es-cl/products/mouthwash/colgate-plax-ice>

- **Fluoruro de fosfato acidulado al 1.23%**

En el 2010, Aguirre et al., mencionan otro tipo de fluoruro, el cual está compuesto por 1.23% de NaF y ácido fosfórico al 0.1 M, con un pH de 3.2 a 3.4, estamos hablando ni más ni menos que del Fluoruro de Fosfato Acidulado (AFP) y explican que su modus operandi consiste en producir una leve desmineralización en la superficie del diente, estimulando la liberación y precipitación de iones de calcio, con la consecuente formación de fluoruro

cálcico amorfo; también en su trabajo, explican que existen indicaciones y contraindicaciones para el uso de este material (ver tabla 4) (6).

Las soluciones de AFP al 1.23% comúnmente se encuentran en presentación de geles, los cuales requieren que el paciente no ingiera ningún tipo de alimento y/o bebida treinta minutos después de aplicado. Como se mencionó, estos geles tienen como objetivo provocar la desmineralización del esmalte, formando fluoruro de calcio y liberando fosfato, siendo éste último, el que cambia el equilibrio que conduce a la formación de hidroxiapatita y fluorapatita (24).

Tabla 4. Indicaciones y contraindicaciones de AFP

Fluoruro de Fosfato Acidulado al 1.23%	
Indicaciones	Contraindicaciones
<ul style="list-style-type: none"> • Pacientes con riesgo bajo o moderado de desarrollar lesiones cariosas. • Pacientes que presenten caries incipientes en las superficies interproximales • Pacientes mayores de seis años. • Pacientes que hayan concluido un tratamiento ortodóntico. • Como agente preventivo masivo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pacientes menores de seis años. • Pacientes que estén cursando un tratamiento ortodóntico fijo. • Pacientes con discapacidad mental o motora severa. • Pacientes xerostómicos

Fuente: Bolaños, 2016, “REMINERALIZACIÓN DEL ESMALTE DENTAL POSTERIOR AL DESCEMENTADO DE BRACKETS METÁLICOS CON FOSFOPÉPTIDO DE CASEÍNA-FOSFATO DE CALCIO AMORFO AL 10% VS FLÚOR ACIDULADO AL 1.23% EN ESTUDIO IN VITRO A TRAVÉS DE PERFILOMETRÍA EN PREMOLARES HUMANOS” (6) (ver anexo 4)

- **Barnices**

El fluoruro vía tópica tiene la desventaja de una rápida pérdida de fluoruro soluble formado en los dientes, para contrarrestar este problema, se introdujo al mercado un sellador impermeable en forma de barniz o “laca”. Este procedimiento mejora el tiempo de reacción entre el flúor y el esmalte proporcionando un efecto a largo plazo; en la actualidad los barnices más utilizados durante la práctica dental diaria son (24):

- El fluoruro de estaño al 8%
- El fluoruro de sodio al 5%

Dai et al., refiere que el uso tópico de flúor se ha convertido en un procedimiento de cajón para la remineralización del esmalte desde que Schmidt lo aplicó en formato barniz en pacientes con tratamiento ortodóntico por primera vez en 1964; la formación de fluorapatita insoluble y fluoruro de calcio, resultado del proceso químico, aumentan la resistencia del esmalte ante la desmineralización (22).

Molaasadolah et al. en el 2017 realizaron un estudio para evaluar la microdureza del esmalte tras la aplicación del barniz de fluoruro, el cual concluyó que el uso de este aumentó significativamente la dureza del tejido; también se encontró que el barniz de flúor y el Trifosfato Cálcico (TCP) tienen efectos remineralizantes similares en el tratamiento de las caries incipientes. Dichos resultados concuerdan con los hallazgos encontrados por Patil et al., en el 2013, por Singh et al., en el 2016 y por el autor en el 2019 (18).

- **Fluoruro de estaño**

Cuando se aplica SnF_2 , este reacciona con el esmalte, formando fosfato de estaño, fluoruro de calcio y fluoruro de estaño-fosfato; recordemos también,

que este componente es un auxiliar en el tratamiento de la gingivitis, por ello no es raro encontrar su nombre en algunas pastas dentales, como la Sensodyne Sensitivity & Gum[®] (ver figura 13) y Parodontax[®] (ver figura 14). El modo de empleo y las presentaciones están descritos en la página 47 (24).

Figura 13. Sensodyne Sensitivity & Gum[®]



Fuente: <https://www.sensodyne.com/en-us/products/sensodyne-sensitivity-and-gum-mint-toothpaste/>

Figura 14. Parodontax[®]



Fuente: <https://www.parodontax.com/es/productos/pasta-dental-extra-fresh/>

- Fluoruro de sodio

Las indicaciones de este tipo de fluoruro son variadas, sin embargo su uso principal está encaminado a tratar la hipersensibilidad dentinaria, siendo ideal para los cuellos sensibles de los dientes posterior a la eliminación del cálculo; de igual manera, resulta un tratamiento eficaz en la prevención de lesiones cariosas, es por ello, que se recomienda su uso en pacientes pediátricos, de tres, siete, diez y trece años de edad. El compuesto resultante de la interacción del NaF con la estructura dental será fluoruro de calcio (24).

El modo de empleo se encuentra descrito en la tabla 3, sin embargo es importante mencionar que existen indicaciones post-operatorias que el paciente debe de seguir para lograr en lo medida de lo posible el mayor efecto; entre estas se incluyen:

- No cepillarse ni utilizar el hilo dental por veinte y cuatro horas.

- Mantener el mayor tiempo posible el producto en boca (al tener consistencia pegajosa, es común que los niños intenten retirarlo con la lengua).
- No consumir bebidas y alimentos por dos horas mínimo.
- Reemplazar el cepillo dental por uno nuevo.

De entre las marcas comerciales que existen en el mercado, Duraphat de Colgate[®] (ver figura 15), Fast Release Varnish y Clinpro de 3M[®] (ver figura 16), y Profluorid Varnish de VOCO[®] (ver figura 17) son las más conocidas (24).

Figura 15. Duraphat de Colgate[®]



Fuente: <https://www.dentaltix.com/es/blog/colgate-duraphat>

Figura 16. Fast Release Varnish de 3M[®]



Fuente: <https://www.henryschein.com/us-es/dental/p/preventive/fluoride/3m-fast-release-5-varnish/7370039>

Figura 17. Profluorid Varnish de VOCO[®]



Fuente: <https://www.voco.dental/en/products/oral-care/desensitizer/voco-profluorid-varnish.aspx>

- **Fluoruro de diamino de plata (Saforide)**

El Fluoruro de Diamino de Plata (SFD) o conocido en el mercado como Saforide (ver figura 18), es un fluoruro tópico que ha sido utilizado para el tratamiento de la caries, deteniendo eficazmente el proceso carioso; su uso está enfocado en la interrupción de caries en dientes deciduos, dientes permanentes de adolescentes y en la caries radicular que suelen presentar los adultos de la tercera edad. Vinod et al., mediante un estudio ex vivo, encontró que este material aumenta la densidad mineral de la lesión cariosa, puesto que en los dientes que se utilizaron para dicho estudio, se observó una zona endurecida de aproximadamente 150 μm rica en calcio y fosfato. El principio activo de este compuesto fluorado es la plata (un agente antibacteriano conocido por inhibir la formación del biofilm cariogénico), Yamaga et al., sugieren, que el mecanismo de acción consiste en la conformación de Fluoruro de Calcio (CaF_2) y Fosfato de Plata (Ag_3PO_4), siendo este último el responsable del endurecimiento de la lesión cariosa. Respaldando esta idea, Suzuki et al. intentaron formar CaF_2 , mezclando polvo de esmalte con una solución de SDF, sin embargo la cantidad del mineral disminuyó significativamente cuando el material se sumergió en saliva artificial; colateralmente también encontraron que el fosfato de plata también desapareció siendo reemplazado por Cloruro de Plata (AgCl) y Tiocianato de Plata (AgSCN). Asimismo, Lou et al., intentaron crear un material similar al CaF_2 , mezclando SDF, polvo de hidroxiapatita y “gelatina” (es decir, una proteína), pero el material resultante se disolvió después de lavarlo con agua. Por lo tanto, el modo de acción de este compuesto fluorado aún no está claro (21).

La gran desventaja de este producto es la tinción negra que deja después de la aplicación (ver figura 19), causando insatisfacción tanto en los niños como en sus padres; esta tinción puede eliminarse mediante la aplicación de

Yoduro de Potasio (KI), el cual tiene que ser aplicado posteriormente del uso de SDF. Con el afán de combatir este efecto adverso, Dos Santos et al., realizaron un estudio con nanopartículas de fluoruro de plata, descubriendo la eficacia de éstas sin causar tinciones oscuras; al final de su artículo, el autor llega a la conclusión que este compuesto muestra la mayor eficacia remineralizante a comparación de otros dos agentes no fluorados, CSP (Fosfato de Sacarosa de Caseína) y CPP-ACP (Fosfato de Caseína-Fosfato de Calcio Amorfo) respectivamente (21).

Figura 18. Saforide[®]



Fuente: <https://caballerodental.wordpress.com/2019/06/03/saforide/>

Figura 19. Lesiones cariosas en centrales y laterales deciduos pre (izquierda) y post (derecha) tratadas con Saforide[®]



Fuente: Crystal YO et al., 2017, "Use of silver diamine fluoride for dental caries management in children and adolescents, including those with special health care needs". (ver anexo 5)

Chávez-Campuzano recalca que la elección del tipo de fluoruro depende de las necesidades del paciente, realizando la aplicación de éste cada tres o seis meses (según sea el caso) posterior al pulido dental (7).

Acorde a Fuenmayor, el conocimiento de la actividad del flúor es más que popular, pues son bien sabidos los beneficios de éste, a pesar de esto, existen diversas investigaciones que tienen como objetivo buscar nuevas estrategias para promover los procesos de remineralización a base de iones calcio y fosfato que se encuentran presentes también en la saliva y en la placa bacteriana (6).

2.3.2 Compuestos no fluorados

- **Fosfopéptido de caseína-Fosfato de Calcio Amorfo (CPP-ACP)**

En la década de los ochenta, se comenzó a discutir el uso de la caseína como tratamiento preventivo contra la caries dental, diez años después el Fosfato de Calcio Amorfo (ACP) se introduciría también a éste campo, pero no sería hasta 1998 que la combinación de ambos compuestos darían origen al agente remineralizante conocido como CPP-ACP; los beneficios de esta tecnología abarcan desde: la disminución del proceso de desmineralización del esmalte, la promoción del proceso antagonista, hasta impedir la acumulación de placa dentobacteriana. Este agente es altamente soluble en agua y suministra altas concentraciones de iones de calcio y fosfato al entorno bucal de las que normalmente se encuentran en saliva (21).

Según los hallazgos de Alhamed et al., el CPP-ACP al entrar en contacto con el flúor presente en la estructura mineral del diente, realiza una remineralización rápida en comparación con otros componentes no fluorados (barniz de fluoruro de sodio, trifosfato cálcico e hidroxiapatita), aunque la

diferencia que se muestra, a largo plazo (tres meses) no es realmente significativa (18).

Como se mencionó anteriormente el CPP-ACP está compuesto por dos diferentes compuestos (14):

1. *Caseína*: una proteína fosfórica proveniente de la leche que interactúa con el calcio y el fosfato. Desgraciadamente, debido a su origen no puede ser utilizada por pacientes con intolerancia a la lactosa (32).
2. *ACP*: componente que actúa como depósito de calcio, fosfato y fluoruro, mismos que incitan el proceso de remineralización (14).

Ambos compuestos trabajan entre sí para lograr un efecto remineralizante, ya que la CPP ayuda a mantener el calcio y el fosfato en estado no cristalino, formato que penetra más fácil en la superficie del esmalte, al mismo tiempo que estabiliza la ACP y por lo tanto los niveles de calcio y fosfato presentes en el esmalte y en la placa dental; a medida que aumenta el pH del CPP, la forma unida de ACP aumenta, manteniendo así el estado de sobresaturación de calcio y fosfato, reduciendo la desmineralización y aumentando la remineralización. Uno de los productos comerciales con este ingrediente activo es Enamelon[®], en cual también contiene calcio no estabilizado y fósforo con fluoruro, formulación que provee flúor a la zona desmineralizada (14).

Venkatesan et al., menciona dos productos con CPP-ACP como ingrediente activo, el primero como lo mencionamos en el párrafo anterior es Enamelon[®], tecnología de fosfato cálcico amorfo no estabilizado con fluoruros; el modo de acción de éste compuesto es que los iones de calcio y fosfato no se estabilizan, pero si se combinan en precipitados insolubles, los cuales se disuelven en saliva liberando precipitados de Fosfato de Fluoruro Cálcico

Amorfo (ACPF) que a su vez se transforma en una fluorhidroxiapatita, además de que los iones de calcio y fosfato disponibles transitoriamente promueven la remineralización inhibiendo la desmineralización. Por su parte, Recaldent® es un producto que también contiene CPP-ACP, tecnología en la cual el CPP se une a la placa dental, estabilizando las altas concentraciones de calcio y fosfato con fluoruros en la superficie del diente, los cuales se difunde libremente a las lesiones del esmalte para promover un efecto remineralizante (24).

Recaldent® es el nombre comercial del nanocomplejo CPP-ACP, el cual ha demostrado tener actividad anticariogénica en estudios *in situ*, así como en ensayos clínicos, asimismo se ha demostrado el aumento en los niveles de calcio y fosfato en la placa cuando se emplean en formato de colutorios, promoviendo la remineralización de las lesiones superficiales en el esmalte; todas estas cualidades, posicionan a la dupla como un adecuado agente mineralizante, que debido a su bioactividad puede ser incorporarlo a resinas compuestas, selladores y adhesivos con el objetivo de permitir la prevención de la desmineralización del diente y promover activamente la remineralización. Conforme a un estudio publicado en el 2003, la incorporación de sílice y/o zirconio, mejora la duración de la liberación de iones minerales a través de su capacidad de volver lenta la transformación de ACP a HA (20).

De acuerdo con Castellanos et al., este complejo fue sintetizado por primera vez en la Universidad de Melbourne en Australia y patentado por Recaldent® bajo el nombre de MI Paste®; Simeone, lo define como un sistema ideal de suministro de iones calcio y fosfato, que intervienen en el balance del proceso DES-RE, al liberar estos iones en porciones adecuadas logrando la formación de HA. Por otra parte, Castellanos et al., también alude que la

secuencia de péptidos (pSer) y los ácidos glutámicos (pSer-pSer-Glu-Glu) provenientes de la cafeína, ayudan a la actividad remineralizadora, debido a que son capaces de asociarse con sales de fosfato y calcio formando un cristal amorfo; esta complejidad de péptidos y cristales crecen lentamente sin que se induzca la precipitación de los iones, manteniéndolos estables pero solubles, funcionando como donadores de iones calcio y fosfato (17).

Según Simeone, al colocar CPP-ACP sobre la superficie del diente, éste se complementa con el efecto de la saliva, restaurando así el balance mineral y el equilibrio de iones perdidos en el esmalte, investigaciones han demostrado que CPP-ACP tiene un efecto remineralizante si lo aplicamos en dosis bajas (0.5-1.0% aprox.), reduciendo la actividad cariogénica en un 55% y además inhibiendo la adherencia de la PDB en la superficie dental. Como todo material, existen situaciones en las que se puede o no usar este complejo, los cuales se detallan en breve (ver tabla 5) (6):

Tabla 5. Indicaciones y contraindicaciones para el uso de CPP-ACP.

CPP-ACP	
Indicaciones	Contraindicaciones
<ul style="list-style-type: none"> • Pacientes menores de 6 años. • Después de un blanqueamiento dental. • Después de un tratamiento periodontal (ejemplo raspado y alisado). • Hipersensibilidad dental • Pacientes con alto riesgo a caries. • Para proporcionar protección a pacientes que padecen erosión, xerostomía o Síndrome de Sjögren. • Durante y al término del tratamiento ortodóntico. • Prevención y tratamiento de lesiones tipo WSL. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pacientes intolerantes a la lactosa. • Pacientes alérgicos a los conservantes como el benzoato.

Fuente: Aguirre 2010 y Fuenmayor 2013, tomado de Bolaños, 2016, "REMINERALIZACIÓN DEL ESMALTE DENTAL POSTERIOR AL DESCEMENTADO DE BRACKETS METÁLICOS CON FOSFOPÉPTIDO DE CASEÍNA-FOSFATO DE CALCIO AMORFO AL 10% VS FLÚOR ACIDULADO AL 1.23% EN ESTUDIO IN VITRO A TRAVÉS DE PERFILOMETRÍA EN PREMOLARES HUMANOS" (6) (ver anexo 6)

Oznurhan et al., detalla que el ACP tiene diversos empleos en el área odontológica, debido a su excelente bioactividad, alta adhesión celular y a las propiedades no citotóxicas y osteoconductores que éste presenta, el autor también menciona que el complejo CPP-ACP suministra los minerales ya mencionados con la ayuda de un éster llamado fosfoserina. En el artículo del autor, se cita una investigación que Cao et al., realizaron en el 2013, en donde se sumergieron ejemplares de dentina de terceros molares permanentes sanos en solución de CPP-ACP durante diez días, mostrando la formación de cristales de hidroxiapatita dentro de las fibrillas de colágeno, informando así que el CPP-ACP tiene el potencial de inducir la remineralización miméticamente; por su parte Rachiotis et al., seis años antes exhibió mediante un estudio *in vitro* que cuando el CPP-ACP se aplica a dentina sana, este inhibe el proceso de desmineralización, sin embargo, cuando se aplica a dentina cariada, el proceso de remineralización aumenta, por lo que Rachiotis et al., recomendaron la aplicación de CPP-ACP para la prevención de la caries. Al final de este trabajo, Oznurhan et al. concluyó que, el fosfato al ser uno de los componentes principales de la fase inorgánica de la estructura dental, los materiales que lo contengan como ingrediente activo se encontrarán entre los materiales más prometedores para la remineralización; no obstante el tamaño de la partícula juega un rol importante, puesto que, los fosfatos de calcio puros disponibles comercialmente no son adecuados debido a su baja actividad y a la escasa penetración en la lesión, sin embargo, los fosfatos de calcio de tamaño nanométrico, han mostrado que aumentan la dentina del área desmineralizada, regulando también la fase orgánica de la estructura mineral del diente (5).

Srilatha et al., señala que hay tres tipos de productos a base de fosfopéptidos: CPP, CPP-ACP y CPP-ACPF, la acción anticaries de estos tienen un efecto que se basa en los siguientes principios (16):

- Modulación de los niveles de fosfato biodisponible manteniendo la sobresaturación de fosfato iónico y calcio.
- Efecto tampón sobre la placa; aumentando la remineralización y la reducción de hidroxapatita.
- Dificultad para que el *S. mutans* y *S. sobrinus* se adhieran y crezcan.

El CPP, debido a su consistencia “pegajosa”, tiene la capacidad de adherirse a superficies como la PDB, tejidos blandos y dentina, proporcionando al mismo tiempo un cúmulo de calcio y fosfato, ayudándose de la disponibilidad de éstos en la saliva y en la superficie dental; por su parte el ACP se separa del complejo CPP-ACP durante ataques acidogénicos, condición que hace que el ACP funcione como amortiguador del pH de la placa, para después desintegrarse en iones calcio y fosfato; esta se traduce en una caída abrupta del pH que tiene como finalidad evitar la desmineralización del esmalte. Entre los productos comerciales disponibles que contienen CPP-ACP, están GC Tooth Mousse® (ver figura 20) y MI paste® (ver figura 21), siendo ésta última el primer producto de uso profesional que contiene la tecnología Recaldent® (16).

Figura 20. GC Tooth Mousse®



Fuente: <http://www.gcaustralasia.com/Products/93/Prevention/GC-Tooth-Mousse>

Figura 21. MI paste[®]



Fuente: <http://www.mi-paste.com/about.php>

Acorde a lo propuesto por Betts y Posner, el ACP [$\text{Ca}_9(\text{PO}_4)_6$] es un mineral que su unidad estructural básica, se compone de un grupo de iones esférico con un diámetro promedio de 0.95 nm, es un material inestable que se transforma rápidamente en HA (en una fase precursora) y Fosfato Octacálcico (OCP) en estado líquido o sólido seco al reaccionar con agua; hecho que demostró Robinson et al., concluyendo en su trabajo, que la formación de esmalte se produce mediante la deposición de nanopartículas esféricas de ACP, mismas que son transformadas posteriormente en HA (ARTÍCULO 9). Sin embargo, tres años antes, en el 2016, Garchitorea, había señalado lo contrario, manifestando sí que el ACP es un precursor HA, pero haciendo hincapié en que era una molécula estable para la precipitación de iones de calcio y fosfato en ambientes tanto neutros como alcalinos, es por ello, que en su artículo, se menciona que dicho material se ha estudiado como relleno de materiales poliméricos, por su excelente biocompatibilidad y su propiedad de proveer iones calcio y fosfato (20).

Como se mencionó en el anterior párrafo, gracias a su excelente bioactividad, alta adhesión celular, degradación adaptable y buena osteoconductividad, el ACP no solo se emplea para el área dental, sino que

actualmente se utiliza para fabricar varios biomateriales para reparación ósea; como por ejemplo, en la preparación de recubrimientos sobre prótesis metálicas, cementos inyectables autoendurecibles y resinas híbridas cuando se mezcla con polímeros. En lo que respecta a su aplicación para materiales dentales, se podrían plantear algunas limitaciones, debido a la alta solubilidad del mismo material, así como su pronta conversión a HA, si a esto le añadimos que el ACP puede convertirse fácilmente en cristales, su uso y manipulación puede llegar a ser difícil, por lo tanto, se han estudiado diversos compuestos que funcionan como aditivos para estabilizar el ACP, entre ellos encontramos: CPP, Carboximetilquitosano (CMC), polietilenglicol, ácido poliaspártico, Trifosfato de Adenosina (ATP), iones de magnesio y Polietilenglicol-Polilactida en bloque (PEG-PLA); hasta el día de hoy, la mayoría de estos materiales no están disponibles en el mercado debido a dificultades en el proceso de fabricación, costos y cuestiones sobre la biocompatibilidad de éstos, siendo el CPP el único estabilizador hasta ahora empleado con eficacia, la dupla de CPP-ACP se comercializa en una formulación que se aplica directamente sobre la superficie del diente en formato de mousse dental (20,32).

Además, el CPP-ACP se emplea como un desensibilizador de dentina, donde su modus operandi consiste en rellenar y ocluir los túbulos dentinarios; como bien sabemos, la hipersensibilidad dental es de hecho, una de las principales consecuencias que conlleva el proceso desmineralizante. En el estudio que llevaron a cabo Lafisco et al., los ejemplares de ACP y ACPF mostraron un buen comportamiento en la oclusión de los túbulos dentinarios, siendo el primer fosfopéptido el que presentará mayor grado de cierre de los túbulos dentinarios; de acuerdo a las observaciones de Raman, la molécula de ACP es más estable que la de ACPF en agua, lo cual explica su eficacia como obliterante de los túbulos. En lo que respecta al efecto de

remineralización del esmalte, el crecimiento de algunos nanocristales de HA que crecen sobre los microcristales de los prismas del esmalte son notablemente visibles, éstos cristales recién depositados están menos ordenados que los nativos, pero llama la atención la forma en la que se configura la nueva capa de cristales a modo de esmalte, de tal modo que la microestructura remanente del tejido dental puede actuar como una guía de remineralización, lo que significa que la remineralización de la estructura dañada puede lograr mejores resultados si no se alteran las microestructuras residuales del tejido, esto implica que ACP y ACPF son idóneos para la remineralización, puesto que restauran el esmalte en su estructura nativa; lo anterior representa una ventaja notable frente a otros materiales que solo actúan como rellenos de las partes desmineralizadas sin ningún efecto de regeneración. Vale la pena mencionar que las zonas interprismáticas parecen estar restauradas y menos “huecas” ante la presencia de ACP, esto probablemente se deba a que el componente muestra un efecto de remineralización y regeneración similar a la que se ha observado en la dentina; dicho efecto es particularmente interesante ya que éstas zonas al ser menos cristalinas, son las afectadas durante agresiones ácidas (32).

Actualmente, se han manufacturado nanopartículas biomiméticas innovadoras de ACP y ACPF (éste último, con contenido ajustable de flúor), que actúan como agentes desensibilizantes y remineralizantes de dentina, los cuales parecen prometedores en el área odontológica; al final de su investigación, la autora demostró que el ACP y ACPF pueden restaurar el esmalte desde su estructura nativa, en particular, el segundo fosfopéptido mostró un efecto de remineralización más rápido en comparación con el ACP, por lo que, Lafisco et al., determinan que estos compuestos son adecuados para pacientes que presentan una desmineralización grave del esmalte (32).

Dai et al., describe al CPP-ACP como un agente bioactivo procedente de productos lácteos, que estabiliza la sobresaturación de iones calcio y fósforo en el medio bucal; al decrecer el pH salival, éste libera iones de fósforo, los cuales tienen la capacidad Buffer, para amortiguar el pH, e incitan el intercambio de iones calcio, los cuales promueven la remineralización, dicha facultad remineralizante ha sido comprobada tanto en estudios *in vitro* como *in vivo*, de los cuales algunos, también demuestran que CPP-ACP supera en eficacia al barniz de flúor, mientras que otros indican lo contrario; la discrepancia en la bibliografía podría deberse a diversas variaciones que existen entre estudios, tales como: diseño, duración, aditivos empleados, los tipos de lesiones tratadas, etc. (22).

- **Fosfato de calcio nanoparticulado**

El Fosfato de Calcio (CaP) también se puede encontrar como relleno de algunas resinas dentales, comúnmente los agregados de esta molécula contienen partículas de fosfato cálcico que van del 1 a las 55 μm , número que le concede propiedades mecánicas bajas; poco a poco, se han sintetizado nanopartículas que poseen un tamaño menor de 100 nm, las cuales liberan un mayor índice de Ca y PO, incrementado al doble las propiedades mecánicas del composite. En un estudio *in vitro*, realizado por Oznurhan et al., se tomaron ejemplares de dentina de molares permanentes humanos, los cuales fueron cubiertos con un compuesto de ACP nanoparticulado; durante veinte y un días, éstos se sometieron a ciclos que pretendían simular el proceso DES-RE (con saliva artificial y aplicaciones de ácido láctico), como resultado, se obtuvo que el CaP nanoparticulado aumentó la concentración de iones de calcio y fosfato en las áreas de dentina desmineralizada, neutralizando el ácido y promoviendo la remineralización de la dentina. Al final de la investigación, el autor también

informó, que el uso de CaP junto a materiales biomiméticos podría aumentar aún más el proceso de remineralización, así como la dureza de la dentina perdida durante el proceso antagonista (5).

Lafisco et al., por su parte, demostró que las partículas nanoestructuradas son más eficientes para remineralizar, en comparación con las partículas de tamaño macro, debido a su biomimetismo, así como a su capacidad mejorada para adherirse y penetrar en el esmalte; de entre todos los fosfatos, las nanopartículas de CaP son particularmente atractivas en Odontología debido a su facultad para liberar una cantidad significativa de iones Ca_2 y PO_3^- , de tal manera que, las nanopartículas desarrollan un doble papel en la Odontología Preventiva (32):

- I. Obstruyen los túbulos dentinarios, auxiliando la hipersensibilidad.
- II. Suministran los iones ya mencionados sobre las superficies de los tejidos minerales, generando una sobresaturación puntual, lo que desencadena su remineralización.

- **Fosfato Dicálcico Deshidratado (DCPD)**

El DCPD ($\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) es la fase ácida del CaP que se forma al entrar en contacto con los minerales presentes en el diente, la reacción que éste tiene con el F para formar Fluorapatita (FAP) ocurre rápidamente; bajo condiciones acidogénicas, la presencia de Fluoruro de Calcio (CaF_2) facilita el cambio de DCPD a FAP, condición que mejora la cristalinidad (16).

Oznurhan et al., indican que cuando se agrega DCPD a los dentífricos, se elevan los niveles de iones de calcio libres de la placa, de tal manera que después de doce horas posterior al cepillado, se obtiene una cantidad significativa de calcio en comparación con las que solo contienen sílice; en el

estudio realizado por el autor se demostró que el realizar el cepillado con pastas de dientes que contiene DCPD y flúor, incitan el proceso remineralización de los dientes, puesto que el calcio proveniente del DCPD se difunde en el esmalte, manteniéndose en la placa dental hasta diez y ocho horas después del cepillado (5).

- **Fosfato de Sacarosa (SCP)**

El SCP es un compuesto que se basa en la mezcla de Sacarosa de Fosfato de Calcio (CaSP) y otros fosfatos de calcio inorgánicos, la cual resulta en una solución acuosa con una alta concentración de calcio (10-12%) y fosfato (8-10%); dicha composición está patentada bajo el nombre de Anticay[®] y acorde a Vinod et al., promete ser un agente remineralizante eficaz debido a la solubilidad que presenta en agua, suministrando altas concentraciones de calcio y fosfato libres de las que normalmente se encuentran en saliva a la par que inhibe la formación de placa. Kaur et al., realizó un estudio *in vitro* para comparar el efecto de GC Tooth Mousse[®] (CPP-ACP) y Toothmin[®] (SCP) (ver figura 22), descubriendo que la laminilla con la segunda tecnología presentaba exponencialmente mejor grado de remineralización, lo que se traducía visiblemente en un aumento de microdureza; los anteriores resultados coinciden con los del estudio *in vitro* realizado por Raghu et al., en el cual se evaluó el potencial de remineralización de CSP en esmalte desmineralizado, exponiendo que éste reforzaba la microdureza del esmalte y mejoraba la “suavidad” de la superficie remineralizada (21).

Figura 22. Toothmin[®]



- **Nanohidroxiapatita**

Srilatha et al., describen a la hidroxiapatita (HA) como uno de los materiales más biocompatibles y bioactivos que existen, por lo cual su uso se amplía desde recubrir articulaciones artificiales hasta raíces dentales; recientemente se han creado partículas de tamaño nanométrico, las cuales pretenden funcionar de manera similar al cristal de apatita del esmalte dental e intentan ser semejantes tanto en morfología, estructura y cristalinidad, ya que nuevas investigaciones han informado que el agregar nanohidroxiapatita a dentífricos y enjuagues bucales potencializa la remineralización de las lesiones cariosas (16). Huang et al., en el 2009 analizaron el diseño de productos para la limpieza dental de uso comercial con este contenido, con el objetivo de fungir como un nuevo agente remineralizante así como para la prevención de la caries, llegando a la conclusión de que la nanohidroxiapatita tenía un efecto remineralizante pero solo sobre las lesiones cariosas en etapas iniciales (18).

Alhamed et al., en el 2019 descubrió que el gel de nanohidroxiapatita utilizado en su estudio, tenía un efecto superior sobre la caries inicial en comparación con el barniz de fluoruro y la pasta con trifosfato cálcico; tal efecto podría atribuirse al alto potencial de absorción de nanopartículas de hidroxiapatita por las estructuras porosas desmineralizadas. Estos resultados fueron consistentes por los obtenidos por Pepla et al., en el 2014, Sharma et al., y Kamath et al., en el 2017, ya que acorde a la literatura dicho resultado puede explicarse por el tamaño de los cristales de nanohidroxiapatita (50-100 nm), los cuales que actúan como relleno de los poros de la superficie del esmalte desmineralizado (18).

Por su parte, Oznurhan et al., informó que los dentífricos que contenían nanohidroxiapatita coadyuvan también al tratamiento por sensibilidad dentinaria post blanqueamiento dental; estudios han demostrado que estos

cristales son más eficaces cuando se encuentran en un ambiente ácido, de modo que la solubilidad se acrecienta, liberando iones Ca y PO, los cuales como sabemos, son claves para los procesos DES-RE. Swarup y Rao informaron en el 2012 que la nanohidroxiapatita tuvo mejores resultados que los fluoruros, ya que ambos se compararon sobre lesiones cariosas en etapas tempranas, siendo el primero, el que mejor actividad remineralizante mostró. (5)

- **Trifosfato de calcio (TCP)**

También conocido como fosfato tricálcico o Fosfato Tricálcico Funcionalizado (f-TCP), es una nueva tecnología única que involucra partículas del componente mismo con ingredientes orgánicos simples que dan como resultado un fosfato tricálcico bioactivo; éste tipo de TCP se eligió sobre otros sistemas a base de fosfato cálcico ya que durante el proceso de formación de HA, se observó que éste aparece en una de las fases transitorias. Es biocompatible en la cavidad oral y comúnmente está disponible como alfa trifosfato cálcico (α -TCP) y fosfato beta tricálcico funcionalizado (β -TCP); comercialmente estos activos se encuentran dentro de productos como Cerasorb[®], Bio-Resorb[®] y Biovision[®] (16). El modus operandi del TCP comienza cuando entra en contacto con la superficie del diente, que al humedecerse con la saliva, provoca que la barrera protectora de éste se quebranta, permitiendo así la liberación de iones calcio, fosfato y fluoruro; la casa comercial 3M[®] también ha incorporado esta tecnología en su dentífrico denominado Clinpro[®], al cual se le agrega 950 ppm de fluoruro, activo que en conjunto intensifica la microdureza del esmalte (14).

Clinpro Tooth Creme[®] es un TCP modificado orgánicamente más fluoruro, el cual durante el cepillado dental, entra en contacto con la saliva, promocionando la disponibilidad de iones de calcio, fosfato y fluoruro, los

cuales pueden ser captados fácilmente por los dientes, parando el proceso de desmineralización o bien, habilitando el proceso de remineralización (24).

Figura 23. Clinpro Tooth Creme[®] de 3M[®]



Fuente: https://www.3m.com/3M/en_US/company-us/all-3m-products/~/3M-Clinpro-Tooth-Cr%C3%A8me-0-21-Sodium-Fluoride-Anti-Cavity-Toothpaste-12117-Vanilla-Mint-113-g-Tube/?N=5002385+3293403768&rt=rud

El efecto remineralizante del TCP puede explicarse al crecimiento de los niveles de calcio en placa y saliva tras su aplicación, la presencia de iones de calcio y fósforo libres, así como la presencia de iones de flúor en la saliva, los cuales proporcionan un ambiente oral adecuado para facilitar la remineralización de las lesiones cariosas en etapas iniciales; estos resultados están respaldados por los hallazgos de Bajaj et al. obtenidos en 2016, quienes utilizaron f-TCP funcional y lauril sulfato de sodio para tratar las lesiones cariosas iniciales, no obstante, tres años después, en un estudio realizado por Alhamed et al., se demostró que la nanohidroxiapatita era más eficaz que el TCP, resultados que tampoco concuerdan con los obtenidos por Kamath et al., en el 2017. Esta discrepancia podría atribuirse a la diferencia en los diseños de estudio de ambos estudios, ya que en el estudio *in vitro* pueden controlarse para todas las variables, lo cual es difícil en el estudio *in vivo* (18).

Oznurhan et al., mencionaron que el problema principal al usar TCP es la formación de compuestos de fosfato y fluoruros de calcio en presencia de flúor en el medio, lo que reduce de forma parcial la remineralización, pues limita la concentración de calcio y flúor libres en el medio; para prevenir esta situación indeseable, se recomienda utilizar el TCP a menos de 1% o bien, combinarlo con cerámicas (dióxido de titanio u otros óxidos metálicos). Otra alternativa, consiste en recubrir las partículas de TCP con tensoactivos (lauril sulfato de sodio, ácido carboxílico, polímeros o copolímeros), tal como lo hizo Bajaj et al., obteniendo resultados favorecedores (5). Srilatha et al., señala que a diferencia de otros agentes a base de calcio, TCP necesita porcentajes bajos para producir una estructura mineral fuerte y resistente a ataques acidogénicos, situación que con el fluoruro no sucede; otra de las ventajas de esta tecnología es que es estable en un ambiente acuoso y no afecta la actividad del fluoruro cuando se agrega a pastas dentales, el autor también ha sugerido que la combinación de fluoruro pero con f-TCP proporciona una mayor remineralización y absorción de fluoruro (16).

- **Nano (β -TCP)**

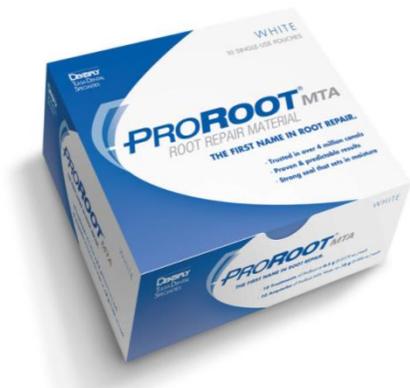
En su artículo, el autor menciona un estudio *in vitro* realizado por Shibata et al., en el 2008, en el que se expusieron molares humanos cariados en dos diferentes soluciones (una con hidroxiapatita y la otra con nano β -TCP) por diez días, con la finalidad de evaluar densidad mineral y propiedades micromecánicas, el cual demostró que la elasticidad de la dentina y la densidad mineral aumentaban posterior al ser sumergidas en β -TCP a comparación de las sumergidas en hidroxiapatita. Sin embargo, se concluyó que este resultado no era fiable, puesto que la densidad mineral por sí sola no es un indicador de propiedades mecánicas, y que el aumento de ésta no es proporcional a la recuperación mineral (5).

- **Silicato de calcio**

Los cementos de silicato de calcio son materiales hidrofílicos tolerantes a la humedad, los cuales se endurecen en presencia de fluidos orgánicos, como la sangre, plasma, saliva, fluido dentinario, etc., estos materiales liberan calcio e iones hidroxilo, los cuales, éstos últimos tienen una actividad alcalinizante sobre el fluido adyacente, creando las condiciones necesarias para la formación de HA. El origen de estos materiales es el cemento Portland, y se han introducido en la Odontología como cementos MTA, sus usos clínicos son diversos, siendo el área endodóntica en donde su práctica es más frecuente; comercialmente los encontramos disponibles como (20):

- ProRoot MTA[®] (ver figura 24)
- MTA Angelus[®] (ver figura 25)
- Tech Biosealer[®]

Figura 24. ProRoot MTA[®]



Fuente: <https://www.dentsplysirona.com/en-us/shop/proroot-mta-treatment-refill-kit.html>

Figura 25. MTA Angelus[®]



Fuente:

<https://www.angelusdental.com/products/details/id/3>

En el 2011, durante un estudio *in vitro*, se mostró la bioactividad del cemento, pero como parte del relleno de una resina compuesta, la elección de una resina que fuera a fin al medio acuoso desempeñó un rol importante (puesto que para que el silicato de calcio pudiera mostrar sus efectos, ésta tenía que dotar la capacidad de absorber el agua y proveer propiedades de bioactividad); de esta manera, se demostró que al estar en contacto con la saliva, la resina absorbe pequeñas cantidades de agua, provocando la hidratación del silicato de calcio, liberado calcio y por consiguiente la formación de apatita. Adicional a esto, los iones hidroxilo también liberados, demostraron crear condiciones hostiles para la reproducción bacteriana, característica necesaria, para considerar un material como agente remineralizante (20).

- **Vidrios bioactivos**

El vidrio bioactivo es un material biomimético compuesto por fosfosilicato de sodio y calcio, el cual fue desarrollado por el profesor Larry Hench; éstos compuestos fueron desarrollados originalmente como un material para regeneración ósea, pero con el paso del tiempo han sido incorporados para fines odontológicos, LitKowski, et al., en 1997 realizaron un estudio *in-vitro* sobre piezas dentales, demostrando que los vidrios inducían la formación de partículas de hidroxiapatita, mismas que eran capaces de recuperar la estructura dental perdida y obliterar los túbulos dentinarios expuestos. Al exponerse ante determinado fluido orgánico (en este caso, saliva), este agente reacciona instantáneamente, liberando millones de iones Ca y PO, los cuales estarán libres en la cavidad bucal, listos para ser utilizados en los procesos DES-RE; al ser un material que se encuentra compuesto por los mismos minerales presentes en la saliva, no es producto tóxico y su uso es seguro. Actualmente se encuentra patentado bajo el nombre de Novamin[®], el cual al exponerse al medio oral, ocurre el proceso descrito anteriormente,

eliminando también hasta el 99.9% de las bacterias asociadas al proceso carioso; en el artículo de Joshi et al., se menciona que este compuesto trabaja directamente afectando la vía de señalización de remineralización, restaurando así la estructura del mineral del diente, además de presentar una actividad antimicrobiana contra *S. mutans* y *S. sanguis* (24,9,14).

Moya, cita que el tamaño de las partículas de ésta composición son de menos de 20 μm (medida que por mucho penetra más fácil que otros), a continuación se enlistan los componentes de este agente, los cuales son capaces de formar hidroxiapatita en menos de dos horas, uniéndose de manera sólida al esmalte (9) (ver tabla 6).

Tabla 6. Componentes de los vidrios activos

Vidrios activos	
Componentes	%
Óxido de silicio (SiO_2)	46.1%
Óxido de calcio (CaO)	26.9%
Óxido de sodio (Na_2O)	24.4%
Óxido fosfórico (P_2O_5)	2.6%

Fuente: Moya, 2018, "Remineralización: análisis comparativo de dos agentes remineralizantes en lesiones incipientes de caries mediante el microscopio de fuerza atómica en premolares extraídos. Estudio-in vitro" (9)

Los materiales sintéticos de vidrio bioactivo o conocidos por sus siglas en inglés como BAG se han utilizado con éxito en Medicina para reparar huesos y acelerar el crecimiento óseo, debido a que crean un "vínculo vivo con los tejidos duros" dicho en otras palabras, presentan biomimetismo; a pesar de su gran empleo en dicha área, los elementos arriba mencionados resultan

ser de gran beneficio para la cavidad oral, por lo que también se han utilizado en Odontología, acrecentando el interés de esta área, ya que participan activamente en los procesos DES-RE (20).

Los vidrios bioactivos se han introducido exitosamente en el área odontológica, convirtiéndose en un material único, debido a que posee abundantes características, una de ellas (por no decir la más importante) es la capacidad de actuar como un mineralizador biomimético, el cual se adapta a las necesidades mineralizantes del propio diente, modificando las señales celulares de una manera beneficiosa para la restauración de la estructura mineral(9). Gjorgievska et al., afirmaron que los dentífricos con vidrio bioactivo dan resultados remineralizantes similares a los obtenidos por CPP-ACP y fluoruros, Matsuyoshi et al., en el 2017 rechazó esta idea, puesto que en su estudio, CPP-ACP mostró una eficacia menor, concluyendo que el vidrio activo tenía mejor actividad remineralizante; Milly et al., tres años antes, ya habían informado de esto en su artículo, comprobando que el vidrio bioactivo y el ácido poliacrílico por sí solos, remineralizan lesiones de tipo WSL, así como mejorar las propiedades mecánicas (5).

Srilatha et al., lo describe como mineral sintético que contiene sodio, calcio, fósforo y sílice (elementos que se encuentran naturalmente en el cuerpo), los cuales al exponerse al entrar con la saliva, depositan Hidroxicarbonato Apatita (HCA), un mineral químicamente análogo a la HA del diente; éstas partículas también se adhieren a la superficie dental y continúan liberando iones y remineralizan la superficie del diente posterior a la aplicación inicial. A través de estudios *in vitro*, se ha demostrado que estas partículas siguen con su acción remineralizante hasta por dos semanas, lo que culmina en la transformación completa de HCA, mineral nato del que del que están compuestos los dientes y huesos, ayudando así a la hipersensibilidad dental,

ya que se ha demostrado que ocurre una oclusión de los túbulos dentinarios de hasta un 80% (16).

- **Xilitol**

Joshi et al., lo define como un edulcorante no acidogénico, que obstaculiza la formación y la adhesión de PDB a la superficie dental, a la par que neutraliza el pH de ésta, reduciendo así la formación de ácido láctico; también menciona que minimiza los índices de *S. mutans*, inhibiendo su producción y haciendo más sencillo el proceso de remineralización del esmalte. Investigaciones han comprobado su eficacia, ya que se ha visto una reducción del proceso carioso en un 83 al 99% (14).

Por su parte Venkatesan et al., describe que es un pentilol natural, es decir, un sustituto de azúcar, que al incorporarlo en ciertos productos, demuestran un rol remineralizante, el cual consiste en (24):

- Reducir la formación de placa.
- Hacer que la placa sea menos adhesiva.
- Neutralizar los ácidos de la placa disminuyendo la producción de ácido láctico.
- Reducir los niveles de *S. mutans*.
- Incrementar el flujo salival.

Srilatha et al., expone en su trabajo que, el xilitol es uno de los edulcorantes sin azúcar permitidos para su uso en alimentos, ya que se considera el mejor sustituto por no promover el proceso carioso; Levine et al., durante un estudio, expuso que el xilitol cuenta con propiedades anticaries, puesto que se observó que las lesiones de tipo WSL (o manchas blancas) se remineralizan, esto debido al aumento del flujo de saliva, rica en calcio y fosfato. Una de las desventajas que menciona el autor es que pueden causar

problemas estomacales, ya que la ingesta de polioles (edulcorantes) en grandes cantidades, tiene este efecto adverso; productos como el xilitol, el sorbitol, la sacarina y el aspartamo, que no son más que sustitutos de azúcar, se han utilizado con el objetivo de reducir la caries dental, añadiéndoles en una amplia variedad de productos, que abarcan desde dulces, gomas de mascar hasta productos para la higiene oral diaria (ver figura 26) (16).

Figura 26. Algunas gomas de mascar, están “endulzadas” con xilitol.



Fuente: <https://www.tcdentalpros.com/blog/chewing-gum-to-prevent-cavities/>

- **Bicarbonato de calcio + Arginina**

La arginina (un complejo de aminoácidos) y carbonato de calcio, es un compuesto que se emplea normalmente en dentífricos para tratar la hipersensibilidad dental, ésta dupla ha mostrado ser un buen preventivo de la lesión cariosa, evitando el desarrollo de una hasta en un 50% (5). Por su fácil adaptación y económica producción, es uno de los tratamientos más frecuentes y económicos que se emplean para la caries en productos para la limpieza dental cotidiana (ver figura 27) (14).

Comercialmente, encontramos dos patentes:

- Cavistat[®]
- SensiStat[®] (creada por Israel Kleinberg en New York)

El modus operandi de este agente remineralizante consiste más que nada, en la adhesión de las partículas de carbonato de calcio a la superficie del esmalte, provocando la liberación de iones calcio, para así iniciar un proceso remineralizante; la primera vez que se utilizó este compuesto, fue en las pastas desensibilizantes Proclude de Ortek[®] y Denclude[®], ambas con la tecnología SensiStat[®].

Figura 27. Colgate Sensitive[®] es una de las pastas dentales que cuentan con la tecnología SensiStat[®].



Fuente: <https://www.dentaleconomics.com/science-tech/article/16389666/hygiene-pearls-for-your-practice>

3. Conclusiones

La caries dental es la enfermedad bucal con más prevalencia en el mundo, no distingue edad, género, status socio-económico, etc. Por las dimensiones de los tejidos de los dientes deciduos, el proceso carioso avanza rápidamente, generando usualmente caries con gran destrucción mineral. Existen una multitud de factores para que se de origen y se mantenga el proceso carioso, sin embargo, considero que el factor tiempo es el primordial. La frase “extensión por prevención” es una ideología que debería estar obsoleta.

La tecnología ha avanzado a pasos agigantados, creando nuevos y modernos materiales que ayudan a los procesos de remineralización, los cuales acorde a la revisión bibliográfica son prometedores. Sin embargo, se debe continuar con la educación del paciente tanto al paciente, de las nuevas generaciones de odontólogos sobre la importancia de la Odontología Preventiva, ya que va mucho más allá de limpiezas dentales y selladores de fisuras y fosetas.

No todos los agentes mineralizantes son para todos, existen indicaciones puntuales sobre el tipo de paciente que resultaría beneficiado. Debemos considerar que no remineralizan al 100% pero ayudan a detener el proceso carioso cuando la caries activa se encuentra en una etapa temprana, conocida como “mancha blanca”.

Los procesos DES-RE son más importantes por ser los encargados de mantener la homeóstasis en la cavidad bucal. Los tratamientos “mínimamente invasivos”, ofrecen al paciente una opción más económica, y menos agresiva. Ningún agente remineralizantes es mejor que otro, depende de las necesidades del paciente.

Desafortunadamente, no todos los materiales mencionados en la revisión bibliográfica están disponibles en México, y los que podemos encontrar tienen un precio excesivo, lo que hace difícil, la recomendación por parte del odontólogo y la adquisición por parte de los pacientes.

Por lo tanto, el fluoruro ha demostrado ser el agente remineralizante por excelencia, debido a sus propiedades y a su fácil acceso adquisitivo.

4. Referencias bibliográficas

1. Ayala Y, Carralero L, Leyva B. La erupción dentaria y sus factores influyentes. CCM. 2018; 22: p. 681-694.
2. Anselmino C, Dorati P, Lazo G. Atlas de histología bucodental Buenos Aires: Editorial EDULP; 2020. p 15-46
3. Sanchez M. Etiología de los desgastes dentales [tesis] Sevilla: Universidad de Sevilla; 2018. p 3-6
4. Arola D, Gao S, Zhang H, Masri R. The tooth: its structures and properties. Dent Clin North Am. 2017 October; 61(4): p. 651-668.
5. Oznurhan F, Keskus B. Remineralization Activities of Bioactive Materials and Nanotechnological Products Used in Pediatric Dentistry. J Dent Oral Care Med. 2019; 5(2): p. 201.
6. Bolaños M. "REMINERALIZACIÓN DEL ESMALTE DENTAL POSTERIOR AL DESEMENTADO DE BRACKETS METÁLICOS CON FOSFOPÉPTIDO DE CASEÍNA-FOSFATO DE CALCIO AMORFO AL 10% VS FLÚOR ACIDULADO AL 1.23% EN ESTUDIO IN VITRO A TRAVÉS DE PERFILOMETRÍA EN PREMOLARES HUMANOS" [tesis] Quito: Universidad Central de Ecuador; 2016. p 8-29
7. Chávez-Campuzano M, Gutiérrez-Brito X, Guevara-Cabrera O, Fabara-Ordoñez C, Caviedes-Cepeda G, Armas-Vega A. Evaluation of the action of two fluorides systems applied to dental enamel surface, in vitro study. KIRU. 2016; 13(2): p. 109-112.
8. Muñoz F. Modelo in situ de caries dental: Estudio piloto [tesis] Santiago: Universidad de Chile; 2019. p 10-12
9. Moya A. Remineralización: análisis comparativo de dos agentes remineralizantes en lesiones incipientes de caries mediante el microscopio de fuerza atómica en premolares extraídos. Estudio in – vitro [tesis] Quito: Universidad Central de Ecuador; 2018. p 2-17
10. Perero C. Protocolos de grabado ácido en dentina [tesis] Ecuador: Universidad de Guayaquil; 2020. p 10-18

11. Pérez M. Biomateriales Protectores Del Complejo Dentino Pulpar [tesis] Guayaquil: Universidad de Guayaquil; 2020. p 19-24
12. Mena H. Protección pulpa directa con BIODENTINE [tesis] Guayaquil: Universidad de Guayaquil; 2019. p 7-12
13. Velásquez V, Álvarez M. Reacción de la pulpa dentaria ante la presencia de la caries y los tratamientos dentales. *Odontol. Sanmarquina*. 2010; 13(1): p. 8-31.
14. Joshi S, Pendyala G, Viddyasagar M, Padmawar N, Nara A, Joshi P. Remineralizing agents in dentistry: A review. *Int J of Appl Dent Sci*. 2018; 4(2): p. 198-199.
15. Carrillo C. Desmineralización y remineralización. El proceso en balance y la caries. *Revista ADM*. 2010; 67(1): p. 30-2.
16. Srilatha K, Nikitha B, Sukumaran A, Bhargavi M, George R. Non Fluoridated Remineralizing Agents – A Review. *Arch of Dent and Med Res*. 2016; 2(3).
17. Bergara E. Dieta y caries dental [tesis] Guayaquil; 2020. p 13-26
18. Alhamed M, Almalki F, Alselami A, Alotaibi T, Elkwatehy W. Effect of different remineralizing agents on the initial carious lesions - A comparative study. *Saudi Den J*. 2020; 32: p. 390-395.
19. Kapoor A, Indushekar K, Saraf B, Sheoran N, Sardana D. Comparative Evaluation of Remineralizing of Potential of Three Pediatric Dentifrices. *Int J Clin Pediatr Dent*. 2016; 9(3): p. 186-191.
20. Garchitorea M. Materiales bioactivos. *Odontoestomatología*. 2016; 18(28): p. 11-19.
21. Vinod D, Gopalakrishnan A, Subramani S, Balachandran M, Manoharan V, Joy A. A Comparative Evaluation of Remineralizing Potential of Three Commercially Available Remineralizing Agents: An In Vitro Study. *Int J Clin Pediatric Dent*. 2020; 13(1): p. 61-65.
22. Dai Z, Liu M, Ma Y, Cao L, Xu HHK, Zhang K, et al. Effects of Fluoride and Calcium Phosphate Materials on Remineralization of Mild and Severe White Spot Lesions.: *BioMed Rest Int*; 2019. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2019/1271523>.

23. Abou E, Aljabo A, Strange A, Salwa I, Coathup M, Young M. Demineralization–remineralization dynamics in teeth and bone. *Int J Nanomedicine*. 2016; 11: p. 4743-4763.
24. Venkatesan K, Ranjan M. Remineralizing Agents in Dentistry: A Review. *IOSR J Dent Med Sci*. 2014; 13(4): p. 57-60.
25. Romero-González M. Azucar y caries dental. *Odontol Pediatr*. 2017; 18(1): p. 1-4.
26. Secretaría de Salud. Norma Oficial Mexicana NOM-013-SSA2-2015. 2016.
27. Gumila M, Cuenca K, Soto A, Pérez V, Rivalta del Río L. Diagnóstico terapéutico para la atención de pacientes con caries dental. *Revista Cubana de Medicina Militar*. 2019; 48(2): p. 259-272.
28. Macri D, Chitlall A. Caries Classification. *Dimens Dent Hyg*. 2017;; p. 17-21.
29. Aragón B. MICROORGANISMOS Y CARIES DENTAL [tesis] Sevilla: Universidad de Sevilla; 2019. p 5-13
30. Pizarro E. Sistema Internacional de detección y valoración de caries dental. *IJCPD*. 2019; 5(1): p. 35-42.
31. Basso M. Conceptos actualizados en cariología. *Rev Asoc Odontol Argent*. 2019; 107(1): p. 25-32.
32. Lafisco M, Espoti L, Ramírez-Rodríguez G, Carela F, Gómez-Morales J, Lonescu A, et al. Fluoride-doped amorphous calcium phosphate nanoparticles as a promising biomimetic material for dental remineralization.: *Scientific Reports*; 2018. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41598-018-35258-x>.
33. De la Cruz D, Contreras J, Castillo I, Cervantes A, Arteaga M, Castillo A. Contenido de fluoruro en dentífricos de venta en el mercado nacional. *Revista ADM*. ; 76(3): p. 133-140.

5. Anexos

Anexo 1

Clasificación de caries dental de GV Black		
Clase	Descripción	Ilustración
Clase I	Caries en la superficie oclusal de molares y premolares.	
Clase II	Caries en las superficies interproximales de premolares y molares.	
Clase III	Caries en las superficies interproximales de dientes anteriores.	
Clase IV	Caries en las superficies interproximales de dientes anteriores que incluyen el tercio incisal.	
Clase V	Caries en el tercio cervical de la superficie vestibular o palatina.	
Clase VI	Caries en las cúspides de un posterior o superficie incisal de un anterior.	

Anexo 2

Criterios ICDAS II (Creado en Baltimore, Maryland, USA 2007)			
Puntaje	Criterio	Tratamiento	Ilustración
0	Sin evidencia de caries al secado con aire por 5 s.	Control.	
1	Mancha blanca/marrón en esmalte seco (Caries inicial).	Preventivo, flúor y profilaxis.	
2	Visible cambio en el esmalte: mancha blanca/marrón en esmalte húmedo.	Preventivo, flúor y profilaxis.	
3	Ruptura localizada del esmalte debido a caries (sin dentina visible).	Preventivo y operatorio.	
4	Sombra oscura subyacente de la dentina.	Preventivo y operatorio.	
5	Cavidad diferenciada con dentina visible.	Operatorio.	
6	Cavidad amplia y diferenciada con dentina visible.	Operatorio	

Anexo 3

Compuestos fluorados		
Vehículo	Porcentaje y tipo de fluoruro	Modo de empleo
Pasta dental	0.1% (Fluoruro de Sodio o NaF) 0.454% (Fluoruro de Estaño o SnF)	La que indique el fabricante.
Enjuague oral	0.05-0.2% (NaF)	La que indique el fabricante.
Barniz	5%, (NaF)	Técnica Knutson: Profilaxis, secado, aislamiento (por cuadrante), aplicación del producto durante tres a cuatro minutos.
Barniz	8% (Fluoruro de Estaño o SnF)	Técnica Knutson: Profilaxis, secado, aislamiento de la pieza dental, aplicación del producto durante dos minutos.
Gel	1.23% (Fluoruro de Fosfato Acidulado o AFP)	Profilaxis y aplicación mediante cubetas dentales por sesenta segundos (es posible tratar dos o cuatro cuadrantes al mismo tiempo).

Anexo 4

Fluoruro de Fosfato Acidulado al 1.23%	
Indicaciones	Contraindicaciones
<ul style="list-style-type: none">• Pacientes con riesgo bajo o moderado de desarrollar lesiones cariosas.• Pacientes que presenten caries incipientes en las superficies interproximales• Pacientes mayores de seis años.• Pacientes que hayan concluido un tratamiento ortodóntico.• Como agente preventivo masivo.	<ul style="list-style-type: none">• Pacientes menores de seis años.• Pacientes que estén cursando un tratamiento ortodóntico fijo.• Pacientes con discapacidad mental o motora severa.• Pacientes xeróstomicos

Anexo 5

RESOURCES: SDF CHAIRSIDE GUIDE

Chairside Guide: Silver Diamine Fluoride in the Management of Dental Caries Lesions*

Dental caries affects about one out of four children aged 2-5 years.¹ Silver diamine fluoride (SDF), recently approved for use in the United States, has been shown to be efficacious in arresting caries lesions.^{2,3} It is a valuable therapy which may be included as part of a caries management plan for patients. Caries lesions treated with SDF usually turn black and hard. Stopping the caries process in all targeted lesions may take several applications of SDF, and reapplication may be necessary to sustain arrest.



Active cavitated caries lesions before application of SDF



SDF-treated lesions with temporary gingival staining

Case selection for application of silver diamine fluoride

Patients who may benefit from SDF include those:

- With high caries risk who have active cavitated caries lesions in anterior or posterior teeth;
- Presenting with behavioral or medical management challenges and cavitated caries lesions;
- With multiple cavitated caries lesions that may not all be treated in one visit;
- With dental caries lesions that are difficult to treat; and
- Without access to or with difficulty accessing dental care.

Criteria for tooth selection include:

- No clinical signs of pulpal inflammation or reports of unsolicited/spontaneous pain.
- Cavitated caries lesions that are not encroaching on the pulp. If possible, radiographs should be taken to assess depth of caries lesions.
- Cavitated caries lesions on any surface as long as they are accessible with a brush for applying SDF. (Orthodontic separators may be used to help gain access to proximal lesions.)

SDF can be used prior to restoration placement and as part of caries control therapy.⁴ Informed consent, particularly highlighting expected staining of treated lesions, potential staining of skin and clothes, and need for reapplication for disease control, is recommended.

Clinical application of silver diamine fluoride

- Remove gross debris from cavitation to allow better SDF contact with denatured dentin.
- Carious dentin excavation prior to SDF application is not necessary. As excavation may reduce proportion of arrested caries lesions that become black, it may be considered for esthetic purposes.

- A protective coating may be applied to the lips and skin to prevent a temporary henna-appearing tattoo that can occur if soft tissues come into contact with SDF.
- Isolate areas to be treated with cotton rolls or other isolation methods. If applying cocoa butter or any other product to protect surrounding gingival tissues, use care to not inadvertently coat the surfaces of the caries lesions.
- Caution should be taken when applying SDF on primary teeth adjacent to permanent anterior teeth that may have non-cavitated (white spot) lesions to avoid inadvertent staining.
- Careful application with a microbrush should be adequate to prevent intraoral and extraoral soft tissue exposure. No more than one drop of SDF should be used for the entire appointment.
- Dry lesion with gentle flow of compressed air.
- Bend micro sponge brush. Dip brush into SDF and dab on the side of the plastic dappen dish to remove excess liquid before application. Apply SDF directly to only the affected tooth surface. Remove excess SDF with gauze, cotton roll, or cotton pellet to minimize systemic absorption.
- Application time should be at least one minute if possible. (Application time likely will be shorter in very young and difficult to manage patients. When using shorter application periods, monitor carefully at post-operative and recall visits to evaluate arrest and consider reapplication.)
- Apply gentle flow of compressed air until medicament is dry. Try to keep isolated for as long as three minutes.
- The entire dentition may be treated after SDF treatment with five percent sodium fluoride varnish to help prevent caries on the teeth and sites not treated with SDF.

* Refer to AAPD Clinical Practice Guideline: Crystal YO, Marghalani AA, Ureles SD, et al. Use of silver diamine fluoride for dental caries management in children and adolescents, including those with special health care needs. *Pediatr Dent* 2017;39(5):E135-E145. (Available at: <http://www.aapd.org/policies/>)

Follow-up

Estimations of SDF effectiveness in arresting dental caries lesions range from 47 to 90 percent with one-time application depending on size of the cavity and tooth location.^{4,7} Anterior teeth have higher rates of arrest than posterior teeth.⁵ Therefore, follow-up for evaluation of caries arrest is advisable.²⁻³

- Follow-up at 2-4 weeks after initial treatment to check the arrest of the lesions treated.
- Reapplication of SDF may be indicated if the treated lesions do not appear arrested (dark and hard). Additional SDF can be applied at recall appointments as needed, based on the color and hardness of the lesion or evidence of lesion progression.
- Caries lesions can be restored after treatment with SDF.
- When lesions are not restored after SDF therapy, bi-annual reapplication shows increased caries arrest rate versus a single application.

References

1. Dye BA, Thornton-Evans G, Li X, Iafolla TJ. Dental caries and sealant prevalence in children and adolescents in the United States, 2011–2012. NCHS data brief, no 191. Hyattsville, Md.: National Center for Health Statistics. 2015. Available at: "<https://www.cdc.gov/nchs/products/databriefs/db191.htm>". Accessed September 6, 2017. (Archived in WebCite® at: "<http://www.webcitation.org/6tX0D6qO1>")
2. Gao SS, Zhang S, Mei ML, Lo EC, Chu CH. Caries remineralisation and arresting effect in children by professionally applied fluoride treatment – A systematic review. *BMC Oral Health* 2016;16:12.
3. Duangthip D, Jiang M, Chu CH, Lo EC. Restorative approaches to treat dentin caries in preschool children: Systematic review. *Eur J Paediatr Dent* 2016;17(2):113-21.
4. Crystal YO, Niederman R. Silver diamine fluoride treatment considerations in children's caries management: Brief communication and commentary. *Pediatr Dent* 2016;38(7):466-71.
5. Fung M, Duangthip D, Wong M, Lo E, Chu C. Arresting dentine caries with different concentration and periodicity of silver diamine fluoride. *JDR Clin Transl Res* 2016;1(2):143-52.
6. Llodra JC, Rodriguez A, Ferrer B, Menardia V, Ramos T, Morato M. Efficacy of silver diamine fluoride for caries reduction in primary teeth and first permanent molars of schoolchildren: 36-month clinical trial. *J Dent Res* 2005;84(8):721-4.
7. Zhi QH, Lo ECM, Lin HC. Randomized clinical trial on effectiveness of silver diamine fluoride and glass ionomer in arresting dentine caries in preschool children. *J Dent* 2012;40(11):962-7.

ANEXO 6

CPP-ACP	
Indicaciones	Contraindicaciones
<ul style="list-style-type: none">• Pacientes menores de 6 años.• Después de un blanqueamiento dental.• Después de un tratamiento periodontal (ejemplo raspado y alisado).• Hipersensibilidad dental• Pacientes con alto riesgo a caries.• Para proporcionar protección a pacientes que padecen erosión, xerostomía o Síndrome de Sjögren.• Durante y al término del tratamiento ortodóntico.• Prevención y tratamiento de lesiones tipo WSL.	<ul style="list-style-type: none">• Pacientes intolerantes a la lactosa.• Pacientes alérgicos a los conservantes como el benzoato.

