



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

PROTOCOLO DE IRRIGACIÓN ENDODÓNTICA
ASOCIADO A IRRITACIÓN PERIODONTAL.

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:

ANDREA GUADALUPE MARTÍNEZ SANTIAGO

TUTOR: C.D. MARÍA ISABEL ZARZA SALINAS

ASESOR: Dra. LORENA CONTRERAS ALVAREZ





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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

Agradezco a Dios por permitirme disfrutar la vida y aprender de ella, por poner en mi camino a las personas indicadas y por haberme dado sabiduría y fortaleza en este camino.

A mi madre, pilar de mi hermana y mía; por ser una guerrera y ser un ejemplo de trabajo duro y constante, mi más grande admiración es hacia ti por haberme hecho un mundo ideal a pesar de aquellas situaciones difíciles.

A mi hermana por ser también mi pilar, compañía y motor en aquellos momentos cuando nuestra madre no podía estar. Sin ti, yo hubiera conocido la soledad.

A mi padre, por aquellos pequeños momentos de mi infancia que son de significado para mí el día de hoy.

A los antiguos jefes de mi madre que fueron bondadosos con nosotras y que nos inculcaron a estudiar y a superarnos enseñándonos un mundo diferente del que conocíamos.

A nuestro leal "Manchas", has sido un ángel con colita que llego a nuestras vidas para cuidarnos y traernos felicidad.

A mi familia adoptiva que son mis amigos del bachilleres, del CCH Vallejo, y de la Facultad de Odontología por abrirme las puertas de sus hogares, por hacerme parte de sus familias y ayudarme económicamente o con instrumental. Pero, sobre todo, por brindarme su cariño, su compañía en los momentos difíciles y por todos esos momentos de alegría que han sido muchísimos afortunadamente.

Al Doctor Alexander por ser mi mentor, brindándome su conocimiento, su consultorio y su paciencia para seguir creciendo como persona y como profesionalista.

A mi Universidad Nacional Autónoma de México que me brindo la oportunidad de ser universitaria y pertenecer a la máxima casa de estudios de mi país.

A la C.D Isabel Zarza y a la Dra. Lorena Contreras por sus conocimientos y apoyo en la clínica periférica Xochimilco, así como aceptar ser mis guías en este trabajo brindándome su paciencia y material para la realización de este trabajo.

A mis pacientes que me brindaron su confianza para atenderlos y que me alegraban las clínicas con sus bellas palabras de agradecimiento.

A mis profesores y doctores que estuvieron a lo largo de mi vida estudiantil recordándome que de todos puedes aprender algo.

Índice

INTRODUCCIÓN	1
I. MORFOLOGÍA Y ESTRUCTURA DENTARIA.....	3
1.1 Esmalte.....	3
1.2 Dentina	4
1.3 Pulpa dental.....	4
II. COMPLEJO DENTINOPULPAR.....	7
2.1 Tejido dentinario	7
2.1.1 Propiedades físicas	9
2.1.2 Composición.....	10
2.1.3 Tipos de dentina.....	10
2.1.3.1 Dentina primaria	10
2.1.3.2 Dentina secundaria, secundaria fisiológica o regular	11
2.1.3.3 Dentina terciaria, secundaria reparativa o irregular.....	12
2.1.3.4 Predentina	13
2.1.3.5 Dentina intratubular	13
2.1.3.6 Dentina esclerótica.....	14
2.1.3.7 Líneas de incremento.....	14
2.1.3.8 Zona granular de Tomes	16
2.1.4 Permeabilidad	16
2.2 Tejido pulpar.....	18
2.2.1 Células de la pulpa.....	18
2.2.1.1 Odontoblastos	18
2.2.1.2 Fibroblastos.....	19
2.2.1.3 Otras células	20
2.2.2 Células inmunes.....	21

2.2.2.1 Células dendríticas.....	21
2.2.2.2 Macrófagos	21
2.2.2.3 Linfocitos	21
2.2.2.4 Células plasmáticas	21
2.2.3 Otras células de defensa.....	22
2.2.3.1 Leucocitos polimorfonucleares	22
2.2.3.2 Mastocitos	22
2.2.3.3 Fibras	22
2.2.3.4 Sustancia fundamental.....	22
2.2.4 Zonas topográficas de la pulpa	23
2.2.4.1 Capa de dentinoblastos.....	23
2.2.4.2 Zona pobre en células (zona basal de Weil)	23
2.2.4.3 Zona rica en células	23
2.2.4.4 Pulpa propiamente dicha.....	24
2.2.5 Funciones de la pulpa	24
2.2.5.1 Inductora	24
2.2.5.2 Formativa	24
2.2.5.3 Nutritiva	24
2.2.5.4 Defensiva	25
2.2.5.5 Sensitiva.....	25
2.2.6 Vascularización	25
2.2.6.1 Circulación sanguínea.....	25
2.2.6.2 Circulación linfática	26
2.2.6.3 Aporte nervioso del complejo dentino-pulpar	26
2.2.7 Sensibilidad dentaria	27
III. TEORÍA HIDRODINÁMICA.....	30

IV. ÓSMOSIS.....	33
4.1 Presión hidrostática	33
4.2 Presión osmótica	34
4.3 Ósmosis en sistemas biológicos.....	34
V. DEFINICIÓN DE PERIODONTO.....	37
5.2 Fenotipos periodontales	38
5.3 Encía	38
5.3.1 Características clínicas.....	39
5.3.1.1 Encía marginal	39
5.3.1.2 Surco Gingival.....	39
5.3.1.3 Encía insertada	40
5.3.1.4 Encía interdental	40
5.3.2 Características Microscópicas	42
5.3.2.1 Epitelio gingival	42
5.4 Ligamento Periodontal	43
5.4.1 Estructura y función.....	43
5.4.2 Fibras periodontales	44
5.4.3 Células del ligamento periodontal	45
5.4.4 Aporte sanguíneo	46
5.5 Cemento	46
5.5.1 Estructura y funciones	46
5.5.2 Cemento acelular	47
5.5.3 Cemento celular	47
5.5.4 Permeabilidad del cemento	48
5.6 Hueso alveolar.....	49
5.6.1 Células y matriz intercelular	49

VI. FACTORES ETIOLÓGICOS	52
6.1 Tipos de irritantes	52
6.2 Vías principales	53
6.3 Respuesta pulpar a las lesiones	54
VII. VÍAS DE DAÑO PERIODONTAL-PULPAR.....	57
7.1 Vías de comunicación.....	57
7.1.1 Túbulos dentinarios	57
7.1.2 Conductos laterales.....	58
7.1.3 Foramen apical.....	58
VIII. PROTOCOLO DE IRRIGACIÓN.	61
8.1 Hidrodinámica de la irrigación.	61
8.2 Requerimientos de las soluciones irrigadoras	61
8.3 Soluciones irrigadoras	62
8.3.1 Hipoclorito de sodio (NaOCl).....	62
8.3.1.1 Modo de acción	63
8.3.2 Ácido etilendiaminotetraacético (EDTA).....	65
8.3.2.1 Modo de acción	65
8.3.3 Peróxido de hidrogeno	67
8.3.4 Solución salina fisiológica (Suero).....	67
CONCLUSIONES	71
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	75
REFERENCIAS DE IMÁGENES.....	80

INTRODUCCIÓN

El siguiente trabajo de investigación es una compilación centrada en entender la etiología y la respuesta fisiológica de la dentina, la pulpa y las estructuras de soporte del diente hacia los irrigantes; el cómo podemos aliviar el dolor y, dar una mayor y eficaz limpieza mediante un protocolo de irrigación sin necesidad de instrumentar totalmente en la primera cita.

En los últimos años en la especialidad de endodoncia han ocurrido cambios innovadores sobre la realización de las endodoncias tratando de facilitar y mejorar sus resultados, pero frecuentemente a pesar de realizar un trabajo biomecánico de mayor calidad y eficacia a base de instrumentos rotatorios o técnicas manuales mejoradas, los pacientes regresan a la consulta con el mismo dolor o potencializado.

Por mucho tiempo se ha hablado de cómo manejar el dolor dental agudo que, seguramente, si se logra, es uno de los efectos más placenteros para establecer lazos de confianza con el paciente. No importa si eres especialista, cirujano dentista general o un estudiante, sino sabes redimir o disminuir el dolor no conseguirás que tu paciente siga yendo a tu consulta y mucho menos que te recomiende.

Este trabajo interesa para los profesionales que entienden la importancia de aliviar una aflicción dental y que la interrelación de dos áreas se influencia recíprocamente en salud, función y enfermedad.

I. MORFOLOGÍA Y ESTRUCTURA DENTARIA

I. MORFOLOGÍA Y ESTRUCTURA DENTARIA

Desde el punto de vista anatómico, cualquier elemento dentario consta de una corona y una raíz. Se denomina corona clínica a la porción libre que se encuentra en la boca. Raíz es la parte del diente que se inserta en el hueso alveolar y se fija a él por medio del ligamento periodontal. ⁽¹⁾

Aun cuando los dientes varían considerablemente de forma y tamaño su estructura histológica es básicamente similar. El eje estructural de cada diente está formado por un tejido conectivo mineralizado denominado dentina. La dentina rara vez queda expuesta al medio bucal, porque está cubierta en la zona coronal, a manera de casquete, por un tejido muy duro llamado esmalte. La dentina radicular está protegida por un tejido conectivo calcificado denominado cemento. La unión entre esmalte y dentina se denomina conexión amelodentinaria, mientras que la unión entre cemento y dentina se denomina conexión cementodentinaria. ⁽¹⁾

Por dentro de la dentina existe un espacio de forma aproximadamente similar a la del elemento dentario, que recibe el nombre de cavidad o cámara pulpar. Esta cavidad contiene un tejido conectivo laxo del que se denomina pulpa dentaria (único tejido blando del diente). La pulpa y la dentina forman una unidad estructural y funcional denominada complejo dentinopulpar. ⁽¹⁾

1.1 Esmalte

El esmalte o sustancia adamantina es una matriz extracelular muy mineralizada y de escaso metabolismo que se forma por síntesis y secreción de unas células llamadas ameloblastos, que desaparecen cuando el diente hace su erupción en la cavidad bucal. Por este motivo, no puede repararse ni autorregenerarse biológicamente como ocurre en los tejidos dentinarios de naturaleza colágena. ⁽¹⁾

El esmalte consta de un 95% de materia inorgánica y está constituido, fundamentalmente, por cristales de hidroxiapatita. Estos cristales son más grandes que los de otros tejidos mineralizados del organismo; se organizan formando los prismas o varillas del esmalte, los cuales representan la unidad estructural básica del esmalte. Su longitud y dirección varían en las distintas zonas del diente, debido a que se trata de un registro de la trayectoria seguida por los ameloblastos secretores durante la amelogénesis. Por ejemplo, son más largos en la cara oclusal y más cortos en la zona cervical. ⁽¹⁾

1.2 Dentina

La dentina, llamada también sustancia ebúrnea o marfil, es el eje estructural del diente y constituye el tejido mineralizado que conforma el mayor volumen de la pieza dentaria. ⁽²⁾

En la estructura de la dentina podemos distinguir dos componentes básicos: la matriz mineralizada y los túbulos dentinarios que la atraviesan en todo su espesor y que alojan a los procesos odontoblásticos. Dichos procesos odontoblasticos son largas prolongaciones citoplasmáticas de las células especializadas llamadas odontoblastos, cuyos cuerpos se ubican en la región más periférica de la pulpa. Estas células producen la matriz de la dentina y también participan en su proceso de mineralización; por tanto, son responsables de la formación y del mantenimiento de la dentina. ⁽²⁾

1.3 Pulpa dental

La pulpa dentaria, que ocupa la cavidad pulpar. La cavidad contenida dentro de la corona aloja a la pulpa coronaria. El resto, corresponde a los conductos pulpares que aloja a la pulpa radicular. ⁽¹⁾

El tejido pulpar, ricamente vascularizado e innervado, está constituido por distintos tipos de células; de las cuales, la más importante o principal es el odontoblasto, que se ubica en la periferia del tejido conectivo, se aloja en la cavidad pulpar y es el responsable de formar (dentina primaria y secundaria) y reparar la dentina (dentina terciaria).⁽¹⁾

La función de los odontoblastos es sintetizar la matriz orgánica de la dentina, constituida fundamentalmente por fibras colágenas y sustancia amorfa. Los distintos tipos de dentina se determina de acuerdo con el momento en que se forma y por la disposición que adquieren las fibras.⁽¹⁾

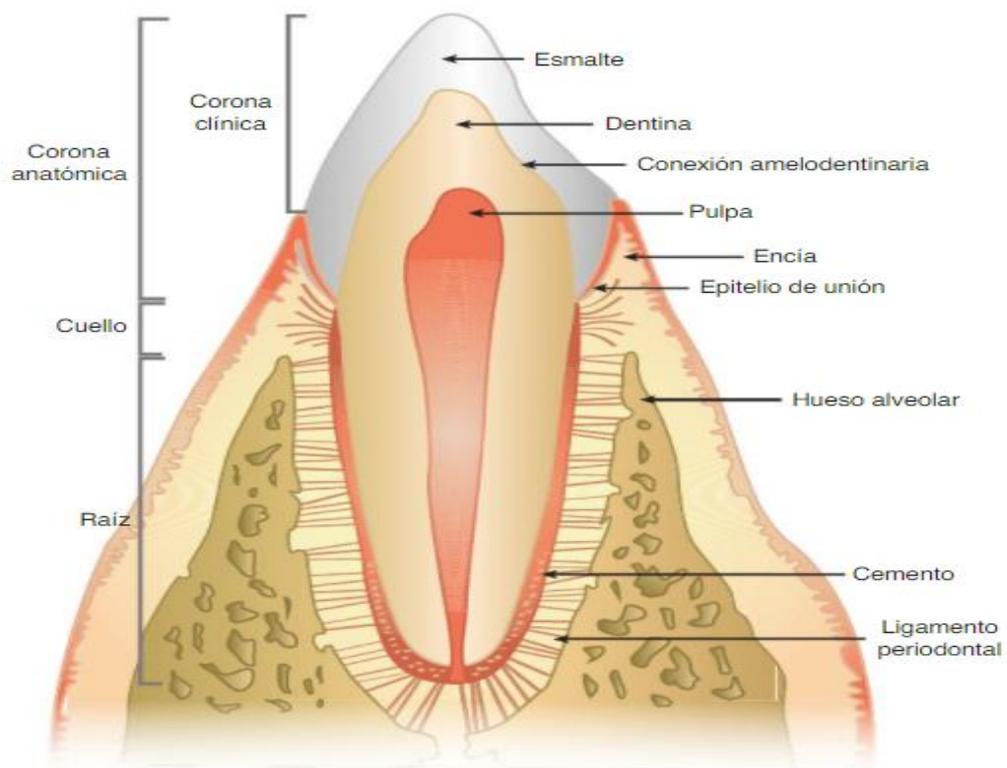


Figura 1. Tejidos dentales y periodontales.

II. COMPLEJO DENTINOPULPAR

II. COMPLEJO DENTINOPULPAR

La pulpa dental es un órgano condicionado por su entorno ambiental. Se encuentra restringido dentro de una cavidad inextensible de un tejido mineralizado: la dentina. Esto ocasiona que, frente a un estímulo irritante, se limita su capacidad de expansión tisular, se reduzca la tolerancia al acumulo intersticial del edema inflamatorio y se colapsen sus vénulas y vasos linfáticos, permitiendo la acumulación de productos metabólicos celulares bacterianos, del huésped e inflamatorios. Otro aspecto peculiar de tipo ambiental de la pulpa dental es la nutrición y drenaje de la circulación, casi exclusivamente a través del foramen apical, lo que limita su capacidad reactiva y defensiva frente a agentes nocivos. ⁽³⁾

La pulpa dental y la dentina funcionan como una unidad y los odontoblastos constituyen un elemento esencial en este sistema. Son dos tejidos de características histológicas distintas, pero debido a su mismo origen embriológico e implicaciones estructurales se consideran una unidad funcional, por lo que se prefiere hablar de complejo dentinopulpar. De igual modo, la dinámica integrada del complejo supone que los impactos sobre la dentina afectan a los componentes de la pulpa y que las alteraciones de la pulpa dentaria afectan a su vez a la cantidad y a la calidad de la dentina producida. ^(4,5)

2.1 Tejido dentinario

La dentina es un compuesto biológico poroso formado por partículas de cristal de apatita de relleno en una matriz de colágeno, rodeado por el esmalte en la zona de la corona y por el cemento en la zona radicular, que delimita una cavidad. ^(3,5)

La estructura dentinaria contiene los túbulos dentinarios que la atraviesan en todo su espesor y que alojan los procesos dentinoblásticos; dichos

túbulos miden desde 1 μm de diámetro a nivel de la unión de la dentina con el esmalte hasta 3 μm a nivel de su superficie radicular. En la periferia hay 20 mil túbulos por milímetro cuadrado, cada uno de 0.5 μm de diámetro. En los extremos pulpares, las aperturas tubulares ocupan una superficie mayor debido a que los túbulos convergen centralmente y se vuelven más anchos alcanzando de 2.5 a 3 μm . Hay de 40,000 a 70,000 túbulos dentinarios por milímetro cuadrado en la superficie de la dentina. En la dentina radicular, los túbulos están más espaciados y en la porción pulpar dentinaria son más delgados y reducen su diámetro a 1.5 μm . ⁽³⁾

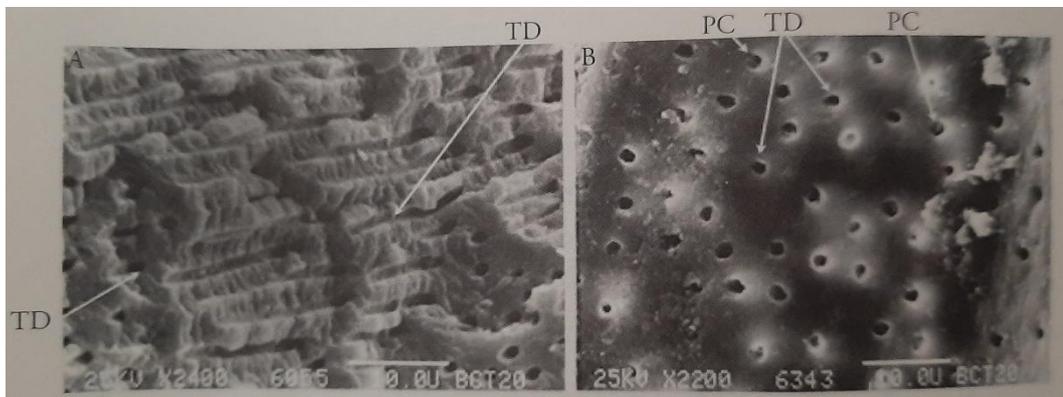


Figura 2. Micrografía MEB de la dentina mineralizada. En A se aprecian los túbulos dentinarios (TD) en un corte oblicuo. En B se muestra la distribución de la entrada de los túbulos dentinarios (TD) en la unión sobre la superficie pulpar. En el interior de algunos túbulos pueden observarse prolongaciones citoplasmáticas de dentinoblastos (PC).

En el interior de los túbulos se encuentra el líquido tisular y las prolongaciones dentinoblásticas (proceso odontoblástico o fibrillas de Tomes), que siguen un trayecto en forma de “S” desde la superficie externa de la dentina hasta su límite con la pulpa en la dentina coronaria, en la raíz la curvatura es menos pronunciada y de convexidad apical, mientras que en el ápice los túbulos suelen ser rectos. Los túbulos dentinarios también presentan extensiones laterales que se ramifican a partir del túbulo principal

y que pueden alojar o no prolongaciones dentinoblásticas; dichas ramificaciones se denominan canaliculos. ^(3,5)

Los túbulos dentinarios hacen permeable la dentina, ofreciendo una vía de entrada a los irritantes de tejido pulpar. ⁽³⁾

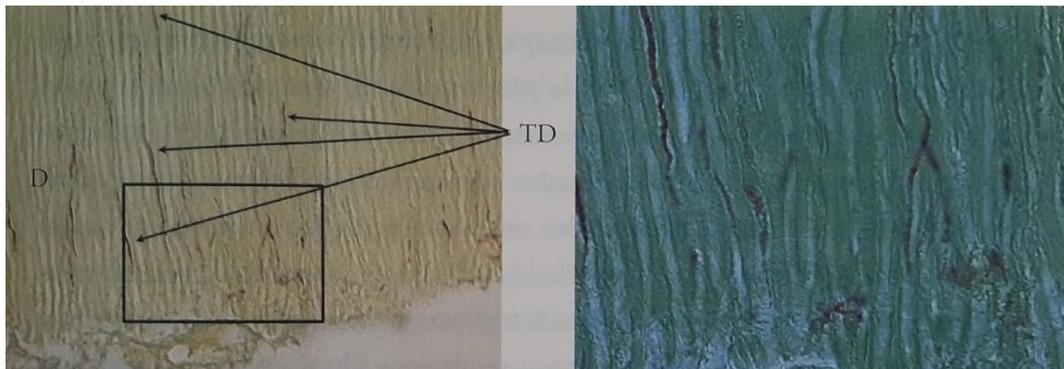


Figura 3. Sección de túbulos dentinarios contaminados en la dentina mineralizada.

Aproximadamente 22% del volumen total de la dentina está ocupado por un fluido tisular, el cual circula por el espacio periprocesal y procede de un ultrafiltrado de composición similar a la del plasma de la sangre presente en los capilares pulpares. El fluido se dirige hacia fuera entre los dentinoblastos a través de los túbulos dentinarios y escapa a través de los poros existentes en el esmalte. ⁽³⁾

2.1.1 Propiedades físicas

La dentina puede tener un color blanco u amarillento, y con la edad tiende a sufrir cambios de color. Algunos factores se han relacionado con dicha variabilidad de color, entre los que se encuentra el estado de la pulpa (vitalidad o necrosis) el grado de mineralización de la dentina (color azulado en dientes deciduos) y algunos pigmentos exógenos u endógenos. ⁽³⁾

Asimismo, la dureza, radiopacidad y translucidez depende del grado de mineralización. Su dureza es mayor que la del hueso y del cemento radicular y menor que la del esmalte. La opacidad hace que se observe en las imágenes radiográficas más radiolúcida que el esmalte. ⁽³⁾

La dentina posee gran permeabilidad debido a la presencia de los túbulos dentinarios; su elasticidad compensa los impactos de la masticación. ⁽³⁾

2.1.2 Composición

La dentina está compuesta por un 70% de materia inorgánica, un 18% de materia orgánica y un 12% de agua. La materia inorgánica está constituida preferentemente por cristales de hidroxapatita de menor tamaño que los del esmalte, mientras que la materia orgánica está compuesta de colágeno tipo I (90% de la matriz) y de proteínas similares a las del hueso. ⁽⁵⁾

2.1.3 Tipos de dentina

2.1.3.1 Dentina primaria

Se forma desde los primeros estadios del desarrollo embriológico hasta que el diente se pone en contacto con el antagonista, es decir, entra en oclusión. En ella se distingue la dentina del manto, que es la más superficial y la primera que se forma, y la dentina circumpulpar, que rodea toda la cámara pulpar. ⁽⁵⁾

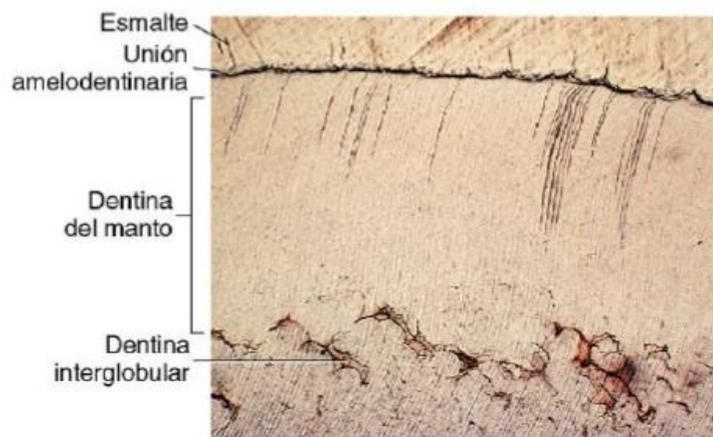


Figura 4. Corte histológico de la dentina del manto. Área limitada por la unión amelodentinaria por encima y dentina interglobular por debajo.

2.1.3.2 Dentina secundaria, secundaria fisiológica o regular

Se forma durante toda la vida del diente una vez que este se pone en contacto con el antagonista, aunque también se puede observar en dientes incluidos. Esta dentina se deposita más lentamente que la primaria, pero su producción continúa durante toda la vida del diente. Condiciona progresivamente la disminución de la cámara pulpar y los conductos radiculares y se caracteriza por poseer túbulos dentinarios rectos y paralelos. ^(3,5)

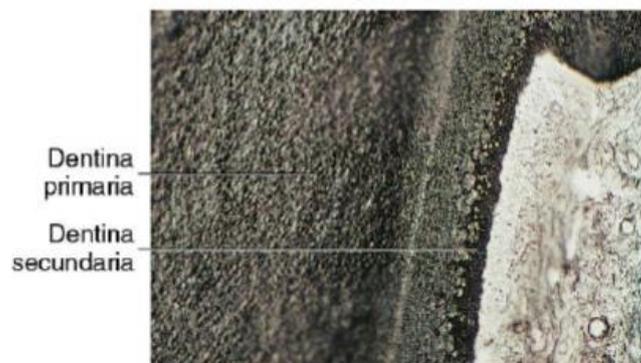


Figura 5. Dentina primaria (izquierda) y dentina secundaria (derecha).

2.1.3.3 Dentina terciaria, secundaria reparativa o irregular

Se forma tras agresiones externas (caries, procesos destructivos no cariogénos, fracturas, etc.), y su espesor depende de la duración e intensidad del estímulo, los que condiciona la disminución irregular de la cámara pulpar. Se caracteriza por poseer túbulos dentinarios irregulares y tortuosos. ⁽⁵⁾

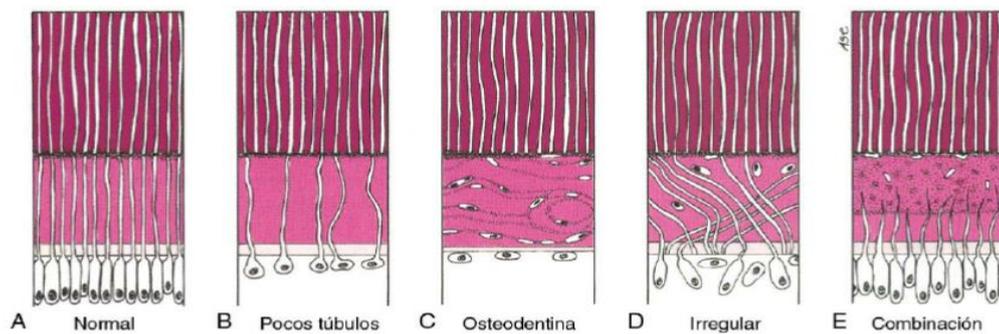


Figura 6. Dentina normal y reparativa. A, Dentina normal. B a E, Dentina reparativa: B, Disminución de túbulos dentinarios. C, Inclusiones celulares. D, Túbulos irregulares y entrelazados. E, combinación de tipos.

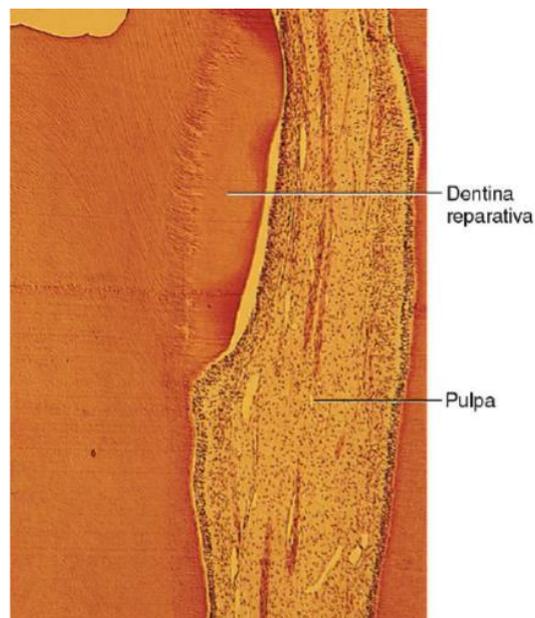


Figura 7. Dentina terciaria. Se visualiza la deformación de la cámara pulpar por la formación de esta.

2.1.3.4 Predentina

La predentina es una banda de matriz de la dentina no mineralizada neoformada en el borde pulpar de la dentina. La predentina es la demostración de que la dentina se forma en dos estadios: primero, se deposita la matriz orgánica y segundo, se le añade una sustancia mineral inorgánica. La mineralización ocurre en la unión predentina-dentina en el frente de mineralización, donde la predentina se convierte en una nueva capa de dentina. Durante la formación de la dentina primaria se depositan y calcifican diariamente 4 μm de predentina. Después de la oclusión y función esta actividad disminuye a 1-1,5 μm al día. ⁽⁶⁾

2.1.3.5 Dentina intratubular

La matriz dentinaria que rodea inmediatamente el túbulo dentinario se denomina dentina intratubular o peritubular; se encuentra en los túbulos a lo largo de la dentina excepto cerca de la pulpa. Se la denomina así porque es un collar hipermineralizado que rodea los túbulos y está formada dentro y a expensas de los túbulos. La dentina intratubular falta en los túbulos dentinarios de la dentina interglobular. Ésta es un área de mineralización deficiente semejante al área de predentina, que tampoco está calcificada. En algunas áreas la dentina intratubular hipermineralizada rellena completamente los túbulos, como en el área próxima a la unión amelodentinaria suprayacente a las astas o cuernos pulpares. Esta característica también se encuentra en los túbulos periféricos de la raíz cerca del cemento. Éstas son áreas de túbulos muy pequeños y áreas donde pueden estar implicados estímulos externos. ⁽⁶⁾

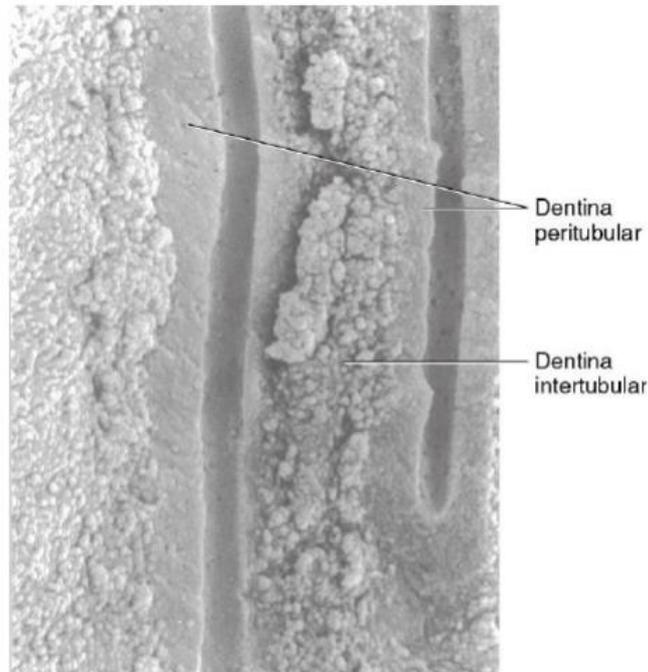


Figura 8. Esquema de los túbulos dentinarios que muestra la dentina peritubular e intertubular.

2.1.3.6 Dentina esclerótica

Se forma paulatinamente o por efecto acumulativo de irritantes por la continua aposición de dentina intratubular, la cual ocluye los túbulos dentinarios. Se le ha observado a nivel coronario y en la porción radicular a nivel apical. Este tipo de dentina sí ofrece protección al tejido pulpaes frente a los estímulos dañinos. La permeabilidad de la pulpa es eliminada en estas áreas, encontrándose la dentina esclerótica en áreas de atrición, abrasión, fractura y caries del esmalte. ^(3,6)

2.1.3.7 Líneas de incremento

Marcas que van quedando registradas en la dentina y que son productos de diversos eventos, principalmente representan el ritmo de crecimiento y formación de la matriz dentinaria. Así, las líneas incrementales corren en

ángulo recto con respecto a los túbulos dentinarios y marcan el patrón del ritmo normal de la aposición. ⁽³⁾

Otras líneas (menores) que representan el patrón diario de formación de dentina son las llamadas líneas de Von Ebner. Se encuentran separadas por una distancia de unos 6 μm en la corona y de unos 3.5 μm en la raíz. Esto indica que la formación de la dentina en la corona es más rápida que en la raíz. ⁽³⁾

Otro tipo de líneas incrementales consideradas mayores son las de Owen. A diferencia de las de Von Ebner su espesor y distanciamiento son irregulares. ⁽³⁾



Figura 9. Microradiografía de líneas de incremento de 20 μm (líneas de von Ebner) en la dentina. Microscópicamente, entre las líneas de 20 mm pueden observarse finas líneas de incremento diario.

2.1.3.8 Zona granular de Tomes

Ocupa el contorno de la cavidad pulpar a nivel de la dentina radicular. Zonas hipomineralizadas de colágeno (dentina interglobular) genera su aspecto granuloso. ⁽³⁾

En cortes dentales longitudinales se observa junto a la unión cementodentinaria, de 50 μm de grosor y de espesor oscuro. ⁽³⁾

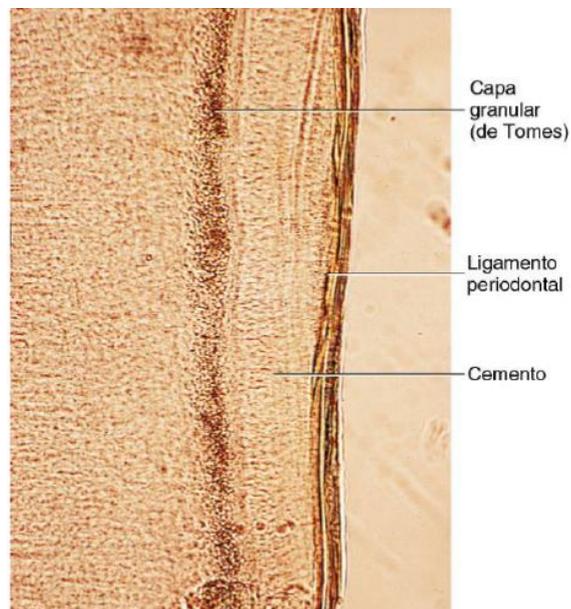


Figura 10. Aspecto histológico de la capa granular de la dentina (centro) y cemento (derecha), con restos del ligamento periodontal (derecha del todo).

2.1.4 Permeabilidad

La superficie externa de la dentina es unas cinco veces más extensa que la superficie interna. Dado que el diámetro del túbulo es de sólo 1 μm cerca de la unión amelodentinaria y hasta 3 μm en la superficie radicular. Los túbulos tienen forma cónica y permiten el aumento de permeabilidad desde la pared o suelo de la cavidad hacia la pulpa. El sistema de ramificación de los túbulos aumenta la permeabilidad. Asimismo, como la dentina

peritubular está más fuertemente calcificada que la dentina intertubular, el grabado de una cavidad provoca un aumento del diámetro del túbulo. La única característica que protege la pulpa es que tiene una presión osmótica mayor que la del área de la unión. El líquido está siendo constantemente forzado hacia el exterior por este aumento de presión de la pulpa. Por tanto, cuando se cortan algunos túbulos dentinarios aparece una pequeña vesícula de líquido en la superficie de corte de la preparación de la cavidad. A contracorriente de este flujo, partículas diminutas como bacterias o sustancias bacterianas pasan a través de los túbulos dentinarios hacia la pulpa. Por otra parte, la pérdida de la prolongación odontoblástica, que produce un tracto muerto, provoca un aumento de la permeabilidad. Por estos motivos el factor de permeabilidad es un detalle importante en la limpieza de la preparación de la cavidad y en la colocación de una base cavitaria para prevenir la microfiltración. ⁽⁶⁾

Los túbulos dentinarios se bloquean de forma eficaz por la producción de una capa de barro dentinario en el suelo o paredes de la cavidad durante la preparación. El barro dentinario está compuesto de finas partículas de restos de dentina cortada que se producen en la preparación de la cavidad. Estas partículas penetran en los túbulos a modo de tapones en la superficie de corte de la cavidad. La eficacia del tapón depende del tamaño de los túbulos y de las partículas cortadas de dentina. ⁽⁶⁾

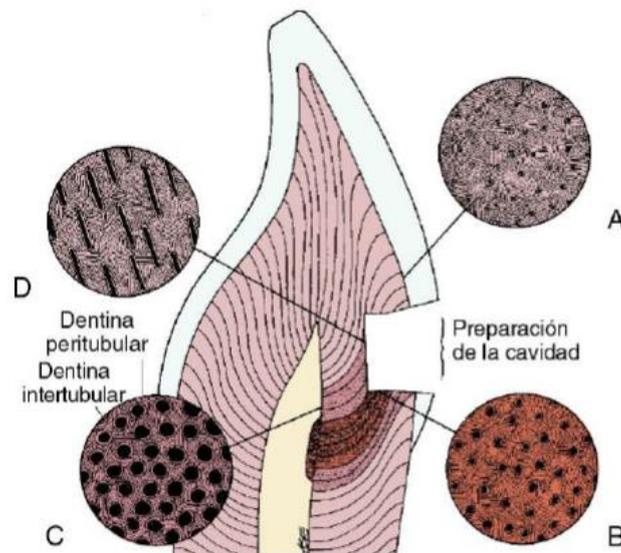


Figura 11. Localización y diferencias de tamaño de los túbulos dentinarios en la unión amelodentinaria (A) y en la pulpa (C) y relaciones entre los túbulos en el suelo de la cavidad (B y D) y la vía de la caries a través de la dentina. El tamaño de los túbulos en el borde de la pulpa (C) puede compararse con el de los del suelo de la cavidad (B y D) y en la unión amelodentinaria (A).

2.2 Tejido pulpar

2.2.1 Células de la pulpa

2.2.1.1 Odontoblastos

Los odontoblastos son células especializadas que producen dentina y exhiben características morfológicas únicas; es decir, extienden los procesos citoplásmicos hacia los túbulos dentinarios formando una sola capa de cuerpos celulares altos, columnares y altamente polarizados. Son responsables de la formación de dentina y pre-dentina, que es un tejido mineralizado inmaduro. El principal componente orgánico de la dentina es el colágeno tipo I (alrededor del 90%), y también se han detectado colágeno tipo III y tipo V en la dentina. ⁽⁷⁾

La inducción de los odontoblastos solo ocurre una vez durante el desarrollo de los dientes y los odontoblastos sobreviven durante la vida de los dientes sanos. Si los odontoblastos son destruidos por estímulos externos graves, como caries profunda, se induce la diferenciación de las células madre de la pulpa dental en células similares a los de los odontoblastos. ⁽⁷⁾

Recientemente, ha aumentado nuestro conocimiento sobre las otras actividades funcionales de los odontoblastos (además de la formación de dentina). Por ejemplo, se ha sugerido que los odontoblastos podrían actuar como receptores nociceptivos y células de vigilancia que detectan la invasión de patógenos exógenos; provocando que el grosor de la barrera dentinaria puede incrementarse mediante la formación de dentina reaccionaria y / o reparadora en respuesta a estímulos externos, incluidas las lesiones de caries, como auto mecanismo de defensa. Dicha dentina adicional se clasifica en dentina reaccionaria, que se forma a partir de odontoblastos preexistentes, y dentina reparadora, que se elabora mediante células similares a los de los odontoblastos que se forman después de la muerte de los odontoblastos originales. ⁽⁷⁾

2.2.1.2 Fibroblastos

Los fibroblastos representan la población más abundante dentro de la pulpa dental, tienen funciones importantes en la regulación de la biología pulpar. De hecho, aunque los fibroblastos pulpares controlan la vascularización e inervación pulpar en condiciones fisiológicas, estas células sintetizan factores de crecimiento que mejoran la regeneración, vascularización e inervación dentina-pulpa. Los fibroblastos pulpares también representan una población celular única porque son el único tipo de células no hepáticas y no inmunes capaces de sintetizar todas las proteínas del complemento que conducen a la producción de fragmentos biológicamente activos como C3a, C5a y el complejo de ataque a la membrana. ⁽⁸⁾

El complejo de ataque de membranas se fija en las paredes de las bacterias cariogénicas, lo que lleva a su destrucción directa. Estos datos demuestran el papel central que juegan los fibroblastos pulpares en la regulación del tejido pulpar-dentina mediante la destrucción directa de bacterias cariogénicas y la liberación de fragmentos bioactivos implicados en el brote de nervios y el reclutamiento de células madre y la regeneración pulpar. ⁽⁸⁾

2.2.1.3 Otras células

Algunas células derivadas de la papila dental, similares a los fibroblastos (producen poca cantidad de colágeno), mantienen su potencial de diferenciación y lo hacen cuando es requerido. ⁽³⁾

Algunos estudios parecen demostrar que las células mesenquimatosas indiferenciadas, las cuales también son células de reserva de la pulpa pueden diferenciarse durante la respuesta inflamatoria en múltiples células, como son las células precursoras de células gigantes multinucleadas y los mastocitos. ⁽³⁾

Los pericitos son células que se han relacionado con la vasculatura. ⁽³⁾

En los espacios libres de pulpa también se encuentran linfocitos, tanto B como T, que confieren una capacidad inmunitaria a la pulpa. En los vasos sanguíneos de la pulpa se encuentran eritrocitos, leucocitos, eosinófilos y basófilos. ⁽⁶⁾

2.2.2 Células inmunes

2.2.2.1 Células dendríticas

Son células que poseen el complejo mayor de histocompatibilidad tipo II y que por lo tanto tienen la capacidad de presentar antígenos en el tejido pulpar. Las células capturan a los antígenos, los procesan y luego migran hacia los ganglios linfáticos regionales a través de los vasos linfáticos donde estas células, potentes presentadoras de antígenos, los exponen a las células linfoides. ^(3,9)

2.2.2.2 Macrófagos

Son monocitos tisulares localizados en las proximidades de los vasos sanguíneos. Su función consiste en digerir microorganismos, remover bacterias y eliminar células muertas. Además de su actividad fagocítica, se relacionan con la función inmunológica convirtiéndolas en células presentadoras de antígenos. ^(3,9)

2.2.2.3 Linfocitos

Se ha demostrado que la pulpa sana solamente posee linfocitos de tipo T y participan en la reacción inmune celular mediante la liberación de factores moleculares llamadas linfocinas, que dirigen y promueven varias reacciones proinflamatorias, como los efectos quimiotácticos y los cambios vasculares. ⁽³⁾

2.2.2.4 Células plasmáticas

Proviene de la diferenciación de los linfocitos B y son productoras de anticuerpos o inmunoglobulinas para antígenos específicos. ⁽³⁾

2.2.3 Otras células de defensa

2.2.3.1 Leucocitos polimorfonucleares

Representan el principal tipo de células que intervienen en la formación de microabscesos y son muy eficaces para desarrollar la fagocitosis de bacterias o células muertas. El tipo de leucocitos polimorfonucleares presente en la respuesta inflamatoria aguda es el neutrófilo, aunque también podemos encontrar eosinófilos y basófilos. ⁽³⁾

2.2.3.2 Mastocitos

En muy pocas ocasiones logramos encontrarlos en pulpas sanas, sin embargo, ocurre lo contrario en la pulpitis, en donde aumentan de forma notable. ⁽³⁾

2.2.3.3 Fibras

El constituyente principal de la pulpa es el colágeno. Estas fibras forman una red que proporciona soporte a otros elementos estructurales de la pulpa dental. El colágeno se origina de los fibroblastos pulpares a lo largo de toda la pulpa. En la pulpa se han encontrado el tipo I y III. El tipo I esta producido por odontoblastos y es el tipo de colágeno que se encuentra en la dentina. El tipo III está producido por los fibroblastos pulpares para el mantenimiento de la pulpa propiamente dicha. ^(3,10)

2.2.3.4 Sustancia fundamental

También conocida como matriz o espacio intercelular, mantiene a todos los elementos del tejido pulpar y a través de ella se difunden tanto los nutrientes que requieren las células como los productos de desecho que debe ser eliminados. Cuando la pulpa envejece, la sustancia fundamental se altera

paulatinamente, aunque no hay pruebas suficientes para sostener que estas alteraciones inhiben significativamente las funciones de la pulpa. ⁽³⁾

2.2.4 Zonas topográficas de la pulpa

2.2.4.1 Capa de dentinoblastos

Por debajo de la zona de la predentina (hacia el centro del tejido pulpar) se encuentra la empalizada de los dentinoblastos formada por los cuerpos, por ahí pasan fibras nerviosas, pequeños vasos capilares y proteínas plasmáticas. En las pulpas jóvenes, la morfología de los dentinoblastos en la parte coronaria es de tipo columnar, en la parte media son cuboidales y en la zona apical tienen forma aplanada. Existe una mayor cantidad de dentinoblastos en la pulpa coronal que en la radicular por unidad de superficie. ⁽³⁾

2.2.4.2 Zona pobre en células (zona basal de Weil)

Capa ubicada por debajo de la capa de dentinoblastos, tiene aproximadamente 40 µm de ancho, que se encuentra relativamente libre de células. Esta zona es atravesada por capilares sanguíneos, fibras nerviosas amielínicas y los delgados procesos citoplasmáticos de los fibroblastos. La presencia o la ausencia de la zona pobre en células depende del estado funcional de la pulpa. ⁽³⁾

2.2.4.3 Zona rica en células

Se caracteriza por su alta densidad celular; células mesenquimatosas indiferenciadas, pericitos, linfocitos, macrófagos, células dendríticas y células de Höhl. ⁽³⁾

2.2.4.4 Pulpa propiamente dicha

Está formada por tejido conectivo laxo característico de la pulpa. Esta masa o estroma pulpar contiene los vasos sanguíneos y fibras nerviosas de mayor diámetro. La mayoría de las células de tejido conectivo de esta zona son fibroblastos. Estas células, junto con una red de fibras de colágenas, se encuentran embebidas en la sustancia fundamental del tejido conectivo.

(3)

2.2.5 Funciones de la pulpa

2.2.5.1 Inductora

La pulpa contiene dentinoblastos, que se diferencian a partir de que el epitelio del esmalte interviene para que sean formados. Los dentinoblastos a su vez, junto con la dentina formada, inducen la formación del esmalte por lo que la formación del diente resulta de las interrelaciones entre 2 tejidos embrionarios: el epitelial y el mesénquimatoso. (3)

2.2.5.2 Formativa

La dentina es formada por los dentinoblastos, los cuales sintetizan y secretan la matriz inorgánica. (3)

2.2.5.3 Nutritiva

La pulpa nutre la dentina a través de las prolongaciones odontoblásticas y de los metabolitos provenientes del sistema vascular pulpar, que se difunden a través del fluido dentinario. (9)

2.2.5.4 Defensiva

La dentina se puede formar incluso en presencia de un irritante de baja intensidad y larga duración en los sitios donde se ha reducido el espesor dentinario original, como en la caries, traumas leves, atriciones y los procedimientos restaurativos. ⁽³⁾

La estructura de la dentina producida de este modo no se asemeja a la dentina producida fisiológicamente y, por lo tanto, no protege adecuadamente el tejido pulpar subyacente. La pulpa también tiene la capacidad de provocar una respuesta inmune al procesar e identificar sustancias extrañas, cómo lo hace en respuesta a la caries dental. ⁽³⁾

2.2.5.5 Sensitiva

El complejo dentino-pulpar transmite impulsos a través de fibras nerviosas que llegan al sistema nervioso central. Estos impulsos nerviosos se expresan clínicamente como dolor. Varios estudios de fisiología han demostrado la capacidad de transmitir también impulsos de temperatura y presión. ⁽³⁾

2.2.6 Vascularización

2.2.6.1 Circulación sanguínea

Los vasos sanguíneos aferentes penetran en la pulpa acompañados de fibras nerviosas y salen de ella (vasos eferentes) a través del conducto y el foramen apical. Debido al reducido tamaño de la pulpa, los vasos sanguíneos son de pequeño calibre. En la región coronaria, los vasos se ramifican, disminuyen de calibre y forman el plexo capilar subodontoblastico. La sangre capilar que fluye hacia la región coronaria es casi el doble que en la región radicular. Su función es nutrir a los

odontoblastos, sustancias reguladoras del metabolismo celular, y la eliminación de productos de desecho. Durante la respuesta inflamatoria, se realizan adaptaciones hemodinámicas y modificaciones de la permeabilidad vascular inducida por mediadores moleculares. ^(6,3)

2.2.6.2 Circulación linfática

Los vasos linfáticos se originan en la pulpa coronaria por medio de extremos ciegos, de paredes muy delgadas, cerca de la zona oligocelular de Weil y de la zona odontoblástica. ⁽⁹⁾

El sistema linfático desempeña un papel primordial en la homeostasis y defensa del tejido a la irritación y es el mecanismo dominante para la eliminación de los solutos de alto peso molecular a partir del fluido intersticial. Reduce la presión osmótica intersticial y, por lo tanto, regula la acumulación del edema tisular. Los vasos linfáticos transportan linfa a través del foramen apical drenando en grandes vasos linfáticos del ligamento periodontal antes de que reingresen en el comportamiento vascular, lo cual es una función fundamental del sistema de inmunovigilancia. ⁽³⁾

Los vasos linfáticos se originan en la pulpa coronaria por medio de extremos ciegos, de paredes muy delgadas, cerca de la zona oligocelular de Weil y de la zona odontoblástica. ⁽⁹⁾

2.2.6.3 Aporte nervioso del complejo dentino-pulpar

En el complejo dentino-pulpar se encuentran fibras nerviosas de tipo sensorial y simpático, cuyos centros de control son el ganglio trigeminal y el ganglio simpático cervical, respectivamente. ⁽³⁾

El tejido pulpar se caracteriza por tener doble inervación, sensitiva y autónoma, a cargo de fibras nerviosas tipo A (mielínicas) (10 al 30% de los axones intrapulpares) y C (amielínicas) (30 al 90%) que llegan a la pulpa junto con los vasos a través del foramen apical. ⁽⁹⁾

Las fibras A son de conducción rápida y responden a estímulos hidrodinámicos, osmóticos o térmicos que transmiten la sensación de un dolor agudo y también localizado. Las fibras A δ , según algunos autores, son responsables de la conducción dolorosa. ⁽⁹⁾

Las fibras C amielínicas poseen una velocidad de conducción lenta y se distribuyen en general en la zona interna de la pulpa. La estimulación de estas fibras da origen a una sensación de dolor sordo mal localizado (difuso) y prolongado en el tiempo. La estimulación de las fibras C está asociada a los daños tisulares del proceso inflamatorio. Actualmente en los axones sensitivos se ha identificado la sustancia P, que regula el flujo sanguíneo y se libera en presencia de una inflamación. ⁽⁹⁾

2.2.7 Sensibilidad dentaria

La dentina es sumamente sensible a varios estímulos y es poco probable que esta sensibilidad resulte de la estimulación directa de las fibras nerviosas de la dentina. ⁽³⁾

La relación íntima entre terminaciones nerviosas y los odontoblastos y sus prolongaciones es significativa. Además, las terminaciones nerviosas en los túbulos dentinarios y la pulpa pueden estar a cierta distancia de donde se percibe el dolor, en la unión amelodentinaria y en el esmalte interno. Varias teorías intentan explicar este fenómeno. ⁽¹⁰⁾

La primera teoría es la denominada teoría de inervación directa, que se basa en la creencia de que los nervios se extienden hasta la unión

amelodentinaria. No obstante, varios estudios no han demostrado la presencia de nervios en esta unión. En una segunda teoría, otros científicos creen que la prolongación odontoblástica es el receptor y que conduce el dolor hacia las terminaciones nerviosas en la pulpa periférica y en los túbulos dentinarios. Esta teoría se ha denominado teoría de transducción.
(10)

Una tercera teoría, la teoría hidrodinámica, fue desarrollada para explicar la transmisión del dolor a través del movimiento del fluido intratubular dentinario estimulando los nervios sensoriales. Esta teoría se fortaleció con el examen microscópico de electrones de la dentina de animal, con el que se demostró que los procesos dentinoblásticos rara vez se extienden más de un tercio de la longitud de los túbulos dentinarios. (3)

III. TEORÍA HIDRODINÁMICA

III. TEORÍA HIDRODINÁMICA

La teoría hidrodinámica sugiere que el dolor dentinario asociado a la estimulación de un diente sensible implica en última instancia mecanotransducción. En las vías aferentes pulpares se han identificado los clásicos mecanotransductores, lo cual ha supuesto una corroboración de esta teoría. Así pues, los receptores ubicados en las terminaciones de los axones que inervan los túbulos dentinarios traducen en señales eléctricas el movimiento de los líquidos en el interior de los túbulos. ⁽¹¹⁾

El movimiento del líquido en el interior de los túbulos dentinarios estimula a los odontoblastos y a sus fibras nerviosas A δ de conducción rápida asociadas, lo cual produce a su vez dolor dental. En experimentos en humanos, en la superficie externa de dientes premolares provocan una respuesta dolorosa antes de que el calor o el frío pudiera haber producido cambios de temperatura capaces de activar los receptores sensitivos en la pulpa subyacente. Los datos sugieren que la estimulación térmica del diente da lugar a un movimiento rápido de líquido en los túbulos dentinarios. Presumiblemente, el calor expande el líquido dentro de los túbulos más rápidamente de lo que expande la dentina, haciendo que el líquido fluya hacia la pulpa, mientras que el frío hace que el líquido se contraiga más rápidamente en la dentina, produciendo flujo de salida. ^(12,11)

El túbulo dentinario es un túbulo capilar de diámetro sumamente pequeño, cuanto más abierto estén dichos túbulos (p. ej., por una preparación expuesta recientemente, descalcificación de la dentina, raspado periodontal, materiales para blanqueamiento dental y fracturas de la corona dental), mayor será el movimiento del líquido tubular y, en consecuencia, mayor será la sensibilidad dentaria del diente a la estimulación. ⁽¹¹⁾

Se ha llegado a sí mismo a la conclusión de que los estímulos que producen dolor se transmiten más fácilmente desde la superficie de la dentina cuando

las aberturas de los túbulos expuestos están libres y el líquido dentro de los túbulos fluye hacia fuera. ⁽¹¹⁾

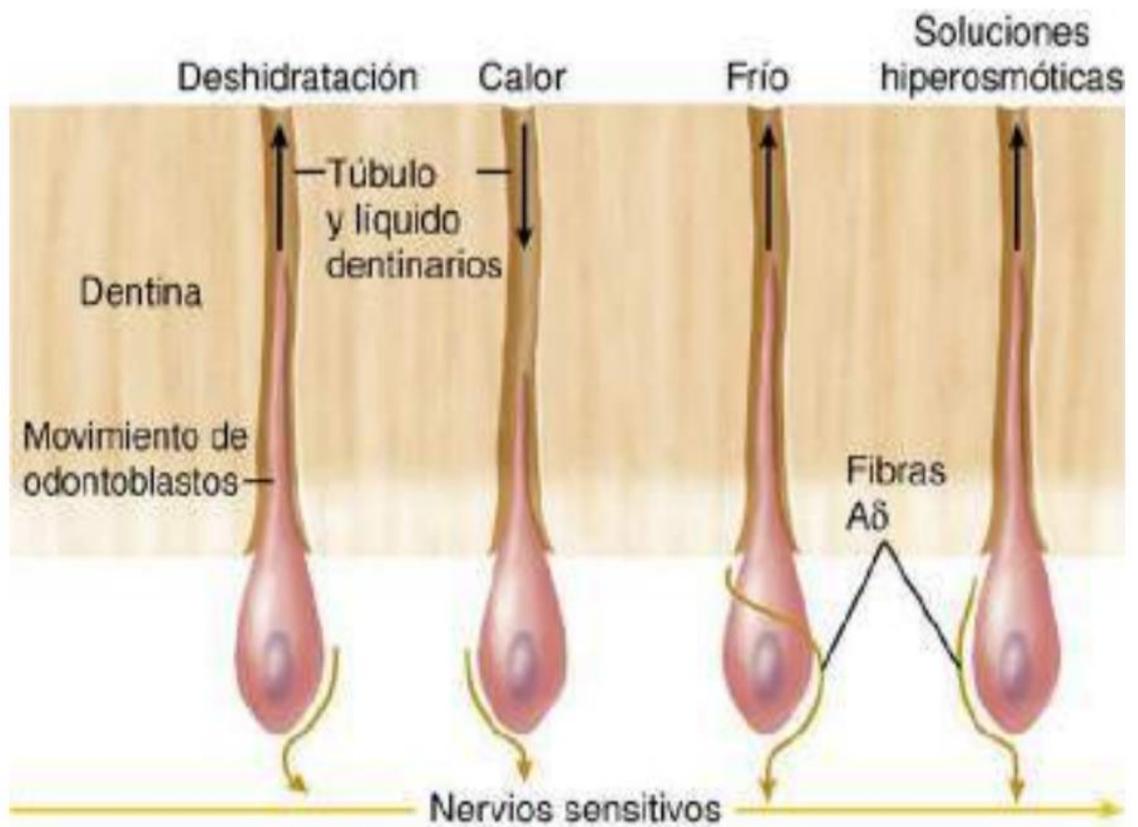


Figura 12. Movimiento de líquido dentro de los túbulos dentinarios. Los túbulos dentinarios están llenos de líquido que, cuando es estimulado, genera una sensación. Los cambios de temperatura, el aire y los cambios osmóticos pueden provocar que el proceso odontoblástico induzca la estimulación de las fibras A δ .

IV. ÓSMOSIS

IV. ÓSMOSIS

La ósmosis es un proceso fundamental y necesario para los sistemas vivos, es el proceso por el cual las moléculas de un solvente pasan a través de una membrana semipermeable que está separando dos soluciones con diferentes concentraciones de soluto. El disolvente se mueve de la solución con la concentración más baja (la solución hipotónica) hacia el que tiene mayor concentración (la solución hipertónica). El proceso continuará hasta que las concentraciones de ambas soluciones sean iguales y se logre el equilibrio. ⁽¹³⁾

La presencia de una membrana semipermeable puede producir un sistema osmótico. En un sistema osmótico, la solución hipotónica se limita a un lado de la membrana y la solución hipertónica está contenida en el otro lado. El proceso de ósmosis se llevará a cabo espontáneamente y continuará hasta que las dos soluciones se conviertan en isotónica, lo que significa que ambas soluciones tienen la misma concentración de solutos. ⁽¹³⁾

4.1 Presión hidrostática

En los sistemas vivos, el solvente es el agua, que se desplaza por ósmosis a través de las membranas citoplasmáticas desde una zona con mayor concentración de agua hacia otra con menor concentración de agua. Se podría suponer que la ósmosis continuara hasta que no quede agua de un lado, pero esto no es lo que ocurre. La presión que ejerce un líquido, conocida como presión hidrostática, fuerza a las moléculas de agua a desplazarse otra vez hacia donde haya menor concentración. El equilibrio se alcanza cuando el número de moléculas de agua que se mueven de mayor a menor concentración como consecuencia de la presión hidrostática es igual al número de moléculas que se desplazan de menor a mayor concentración como resultado de la osmosis. ⁽¹⁴⁾

4.2 Presión osmótica

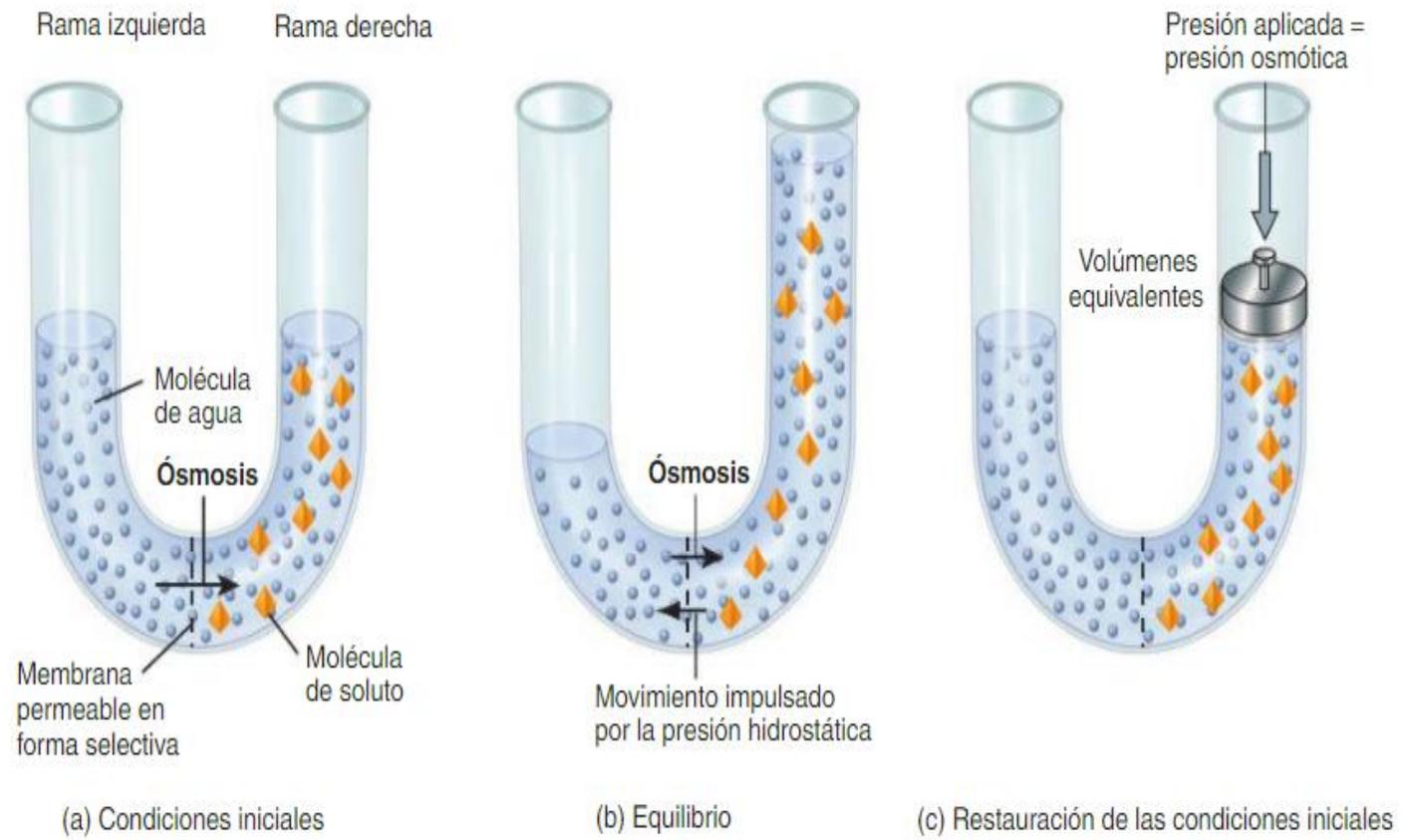
La solución con el soluto impermeable también ejerce una fuerza llamada presión osmótica. La presión osmótica de una solución es proporcional a la concentración de partículas de soluto que no puede atravesar la membrana; cuanto mayor es la concentración de soluto, mayor es la presión osmótica de la solución. Si la presión es suficiente, el volumen de líquido en cada rama podría retornar a su valor inicial y la concentración de soluto sería la misma que al comienzo. Pero la presión osmótica de una solución no es la responsable del movimiento de agua durante la ósmosis.

(14)

4.3 Ósmosis en sistemas biológicos

Las membranas celulares funcionan como membranas semipermeables en los sistemas vivos, permitiendo que el agua, el oxígeno, el dióxido de carbono, los azúcares, las enzimas, los iones, las hormonas, los metabolitos y varios otros componentes celulares pasen según sea necesario. Con el fin de mantener la cantidad adecuada de agua en las células y prevenir la deshidratación, los sistemas vivos utilizan un complejo mecanismo de osmoregulación que lleva activamente agua a las células para reemplazar el agua que se pierde a través de la ósmosis. (13)

Figura 13. Principio de ósmosis.



V. ANATOMÍA DE LOS TEJIDOS PERIODONTALES

V. DEFINICIÓN DE PERIODONTO

El periodonto (peri = alrededor, odontos = diente) es un término colectivo que describe a los tejidos de soporte del diente. Siendo un lecho funcional que comprende al periodonto de protección compuesto por la encía y al periodonto de inserción formado por el ligamento periodontal, cemento y el hueso alveolar propiamente dicho. ^(15,16)

La función principal del periodonto es fijar el diente al tejido óseo y mantener la integridad de la mucosa masticatoria en la cavidad bucal; constituye una unidad de desarrollo biológico y funcional que experimenta ciertos cambios con la edad, el medio ambiente bucal y morfológicos relacionados con alteraciones funcionales. ^(5,16)

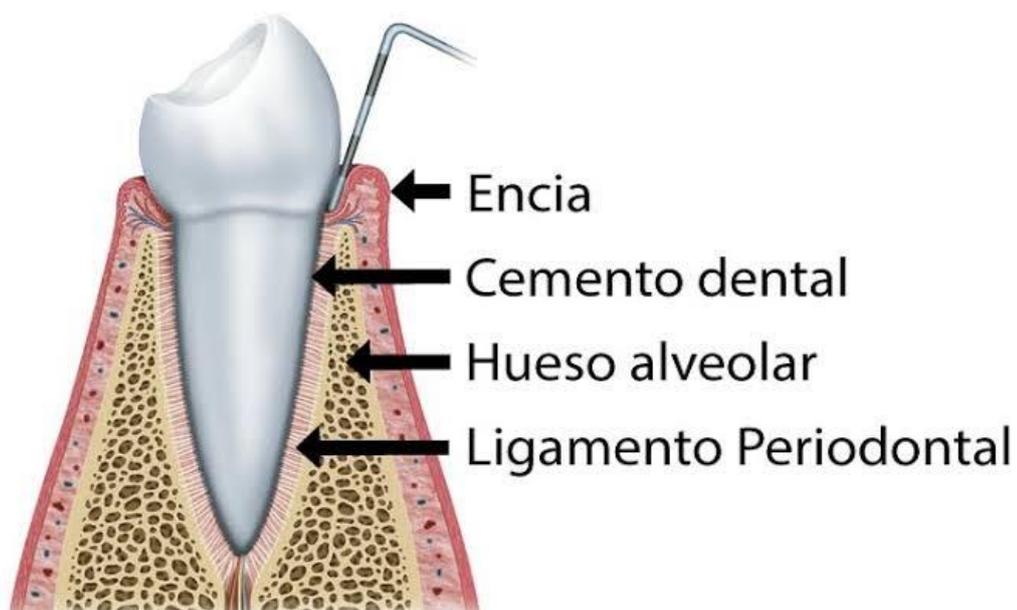


Figura 14. Anatomía del periodonto.

5.2 Fenotipos periodontales

Las características de forma y función de los distintos tejidos que componen el periodonto y su capacidad de reacción frente a distintos estímulos van a estar determinados por componentes genéticos y ambientales. ⁽¹⁷⁾

El biotipo periodontal es la sumatoria de características específicas que presenta la encía de todo ser humano. En un inicio se sugirió la presencia de dos "biotipos" periodontales, uno delgado con papilas altas e incisivos alargados y uno grueso con papilas cortas e incisivos ligeramente cuadrados, pero en varias investigaciones han determinado la presencia de un tercer fenotipo periodontal que consiste en una encía queratinizada "normal", delgada, festoneada, y con una morfología dental básicamente cuadrada. Todo individuo va a presentar alguno de estos fenotipos principales o algún punto entre ambos. ⁽¹⁷⁾



Figura 15. Fenotipo periodontal medido mediante parámetros visuales: a) Fenotipo grueso; b) Fenotipo delgado.

5.3 Encía

La mucosa bucal se continúa con la piel de los labios y con la mucosa del paladar blando y de la faringe y se divide en: ⁽¹⁵⁾

- 1) La mucosa masticatoria, que incluye la encía y el revestimiento del paladar duro. ⁽¹⁵⁾
- 2) La mucosa especializada, que cubre el dorso de la lengua. ⁽¹⁵⁾
- 3) La mucosa de revestimiento. ⁽¹⁵⁾

La porción de la mucosa bucal que reviste las apófisis alveolares de los maxilares y rodea el cuello de los dientes se conoce como encía. Se compone de una capa epitelial y tejido conjuntivo subyacente denominado lámina propia. La encía adquiere su forma y textura definitiva con la erupción de los dientes. ^(18,15)

En sentido coronario, la encía de color rosado coralino termina en el margen gingival libre que tiene contornos festoneados. En sentido apical, la encía se continúa con la mucosa alveolar (mucosa de revestimiento), laxa y de color rojo más oscuro, de la cual está separada por una línea demarcatoria por lo general fácilmente reconocible denominada unión mucogingival o línea mucogingival. ⁽¹⁵⁾

5.3.1 Características clínicas

5.3.1.1 Encía marginal

También se conoce como no insertada y corresponde al margen terminal o borde de la encía que rodea los dientes a modo de collar. En casi el 50% de los casos, una depresión lineal superficial, el surco gingival libre, la separa de la encía insertada. ⁽¹⁸⁾

5.3.1.2 Surco Gingival

El surco poco profundo o espacio circundante del diente que forma la superficie dental, por un lado, y el revestimiento epitelial del margen libre de la encía, por el otro. ⁽¹⁸⁾

Tiene forma de V y apenas permite la entrada de una sonda periodontal. La determinación clínica de la profundidad del surco gingival es un parámetro diagnóstico importante. La profundidad histológica del surco no tiene que ser, y no es exactamente igual a la profundidad a la cual penetra una sonda. En el ser humano, la llamada profundidad de sondeo de un surco gingival clínicamente normal es de 2 a 3 mm. ⁽¹⁸⁾

5.3.1.3 Encía insertada

Este tipo de encía continúa con la encía marginal. Es firme y resiliente y está fijada con firmeza al periostio subyacente del hueso alveolar. ⁽¹⁸⁾

El ancho de la encía insertada de modo vestibular varía en distintas zonas de la boca. Por lo regular es mayor en la región de los incisivos (3.5 a 4.5 mm en el maxilar y 3.3 a 3.9 en la mandíbula) y menor en el segmento posterior. El ancho mínimo aparece en el área del primer premolar (1.9 mm en el maxilar y 1.8 mm en la mandíbula). ⁽¹⁸⁾

5.3.1.4 Encía interdental

La forma de la encía interdental (papila interdental) está determinada por la relación entre los dientes, el ancho de las superficies dentarias proximales y el recorrido de la unión amelocementaria. La encía interdental puede ser piramidal o tener forma de "col". En el primer caso, la puntada de una papila sea ya inmediatamente por debajo del punto de contacto. La segunda forma presenta una depresión a modo de valle que conecta con una papila vestibular y otra lingual/palatina y se adapta a la morfología del contacto interproximal. ^(15,18)

La forma de la encía es un espacio interdental determinado depende del punto de contacto entre los dos dientes contiguos y de la presencia o ausencia de cierto grado de recesión. ⁽¹⁸⁾

Histológicamente posee un epitelio (epitelio gingival, epitelio sulcular y epitelio de unión) y un tejido conectivo subyacente. El epitelio es principalmente celular, mientras que el tejido conectivo posee células, proteínas fibrosas, proteínas no fibrosas, factores de crecimiento, minerales, lípidos y agua. ⁽¹⁶⁾

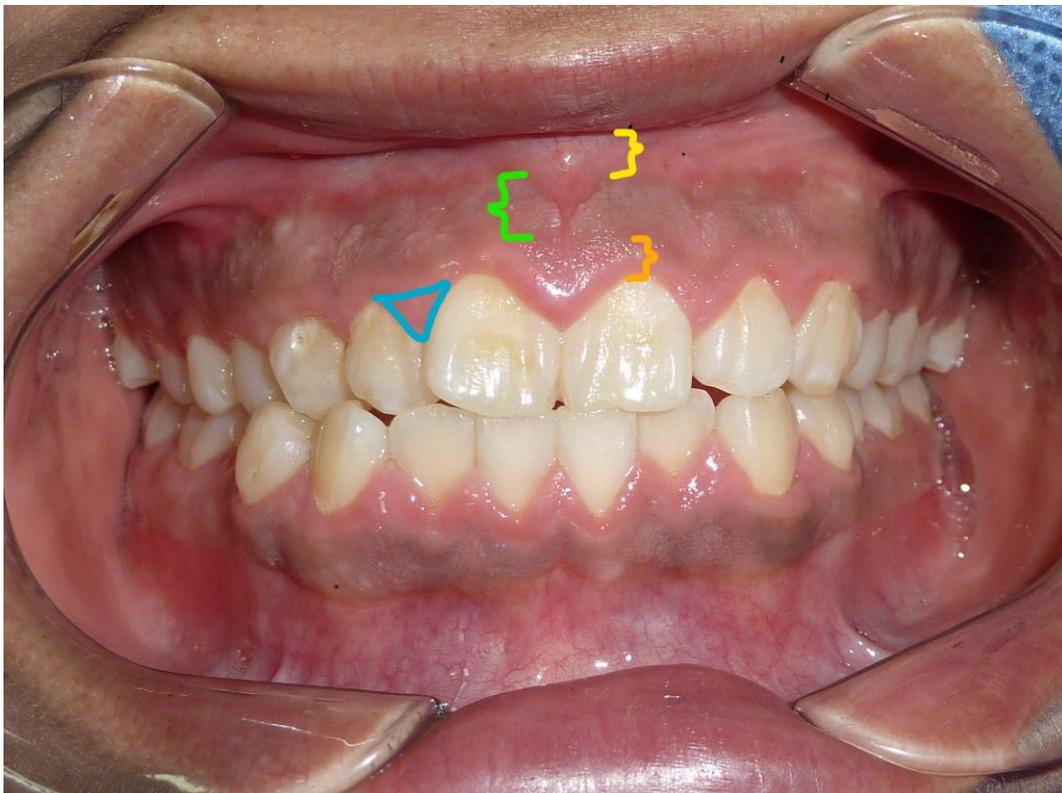


Figura 16. Tipos de encía. Naranja: Encía marginal libre; Verde: Encía insertada; Amarillo: Encía interdental; Amarillo: Mucosa.

5.3.2 Características Microscópicas

La encía está constituida por un núcleo central de tejido conectivo cubierto por epitelio escamoso estratificado. ⁽¹⁸⁾

5.3.2.1 Epitelio gingival

El tipo celular principal del epitelio gingival, al igual que en todos los otros epitelios escamosos estratificados, es el queratinocito. Se encuentran también otras células conocidas como células claras o no queratinocitos, que incluyen células de Langerhans, células de Merkel y melanocitos. ⁽¹⁸⁾

Es posible definir tres áreas diferentes en términos morfológicos y funcionales:

- Epitelio bucal o externo: Cubre la cresta y la superficie exterior de la encía marginal y la superficie de la encía insertada. Está queratinizado, paraqueratinizado o presenta estas variedades combinadas. Sin embargo, la superficie prevalente está paraqueratinizada. ⁽¹⁸⁾
- Epitelio del surco: Es el epitelio que recubre el surco gingival. Se trata de un epitelio escamoso estratificado delgado, no queratinizado y sin proyecciones interpapilares, que se extienden desde el límite coronal del epitelio de unión hasta la cresta del margen gingival. ⁽¹⁸⁾
- Epitelio de unión: El epitelio de unión consta de una banda que rodea el diente a modo de collar constituida por epitelio escamoso estratificado no queratinizado. ⁽¹⁸⁾

La función principal del epitelio gingival es proteger las estructuras profundas y permitir un intercambio selectivo con el medio bucal. ⁽¹⁸⁾

5.4 Ligamento Periodontal

El ligamento periodontal es el tejido conjuntivo celular blando y muy vascularizado que rodea las raíces de los dientes y une el cemento radicular con la pared del alvéolo. En sentido coronal, el ligamento periodontal se continúa con la lámina propia de la encía y está delimitado de la encía por los haces de fibras colágenas que conectan la cresta ósea alveolar con la raíz (fibras de la cresta alveolar). ⁽¹⁵⁾

5.4.1 Estructura y función

El espesor del ligamento periodontal es de aproximadamente 0,25 mm (entre 0,2 y 0,4 mm). Es más ancho en la parte más coronal del alveolo y en el ápice, y más estrecho a la altura del eje rotación del diente. Sus funciones son las siguientes: ⁽¹⁹⁾

- La presencia de un ligamento periodontal permite que las fuerzas ejercidas durante la función masticatoria y otros contactos dentarios se distribuyan sobre la apófisis alveolar y sean absorbidas por la apófisis alveolar por vía del hueso alveolar propiamente dicho. ⁽¹⁵⁾
- Se encarga de mantener al diente en una posición funcional durante el proceso de erupción dental y los cambios de posición que se producen en el diente después de una extracción, atrición o carga oclusal excesiva. ⁽¹⁹⁾
- Sus células forman, mantienen y reparan el hueso alveolar y el cemento. ⁽¹⁹⁾
- Tiene un rico aporte vascular con anastomosis con las de los espacios medulares del hueso y la encía. ⁽¹⁹⁾
- El ligamento periodontal también es esencial para la movilidad de los dientes. ⁽¹⁵⁾

5.4.2 Fibras periodontales

Las fibras principales son los elementos más importantes del ligamento periodontal; son de colágena, están dispuestas en haces y siguen una trayectoria sinuosa en cortes longitudinales. Las porciones terminales de las principales que se insertan en el cemento y el hueso reciben el nombre de fibras de Sharpey. Los haces de estas fibras principales constan de fibras individuales que forman una red continua de conexiones entre el diente y el hueso. ⁽²⁰⁾

Las fibras principales del ligamento periodontal están dispuestas en seis grupos: transeptales, de las crestas alveolares, horizontales, oblicuas, apicales e interradiculares. ⁽²⁰⁾

- Grupo transeptal. Las fibras transeptales se extienden en sentido interproximal sobre la cresta alveolar y se insertan en el cemento del diente adyacente. ⁽²⁰⁾
- Grupo de la cresta alveolar. Estas fibras se extienden en sentido oblicuo desde el cemento apenas por debajo del epitelio de unión hasta la cresta alveolar, hasta la capa fibrosa del periodonto que cubre el hueso alveolar. Evitan la extrusión del diente y se oponen a los movimientos laterales. ⁽²⁰⁾
- Grupo horizontal. Las fibras horizontales se extienden perpendiculares al eje longitudinal del diente desde el cemento hasta el hueso alveolar. ⁽²⁰⁾
- Grupo de fibras oblicuas. Es el grupo más voluminoso del ligamento periodontal, se extiende desde el cemento en dirección coronal y oblicua, hacia el hueso. Sostienen la mayor parte de la tensión masticatoria vertical y la transforman en tensión en el hueso alveolar. ⁽²⁰⁾

- Grupo apical. Estas fibras divergen de manera irregular desde el cemento hacia el hueso en el fondo del alveolo. No aparecen sobre las raíces de formación incompleta. ⁽²⁰⁾
- Grupo interradicular. Las fibras interradiculares se abren en abanico desde el cemento hacia el diente en las zonas de las furcaciones de los dientes multirradiculares. ⁽²⁰⁾

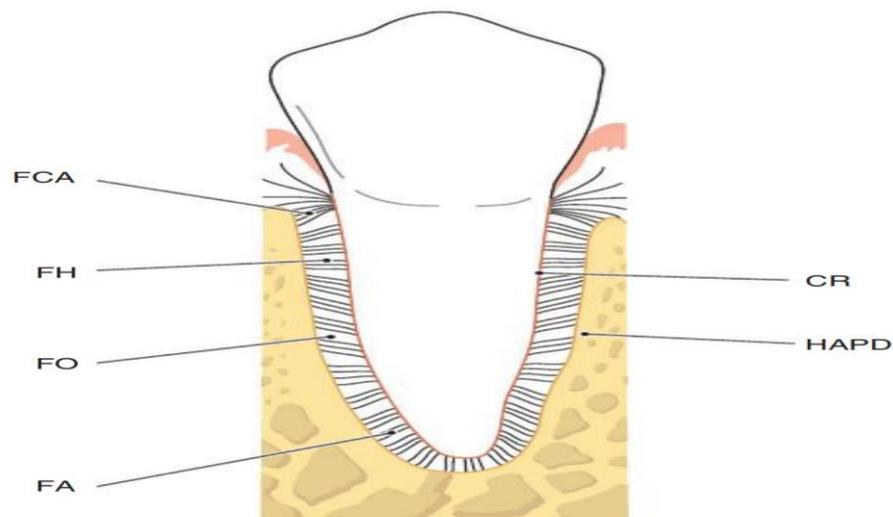


Figura 17. Haces de las fibras del ligamento periodontal. FCA: Fibras crestalvolares; FH: Fibras horizontales; FO: Fibras oblicuas; FA: Fibras apicales; CR: Cemento radicular; HAPD: Hueso alveolar

5.4.3 Células del ligamento periodontal

Las células del ligamento periodontal remodelan las fibras principales para lograr adaptación ante las necesidades fisiológicas y como reacción a diferentes estímulos. Las células del ligamento periodontal son: fibroblastos, osteoblastos, cementoblastos, osteoclastos y asimismo células epiteliales y fibras nerviosas. ^(20,15)

Los fibroblastos son las células más frecuentes en el ligamento periodontal. Estas células sintetizan colágena y también poseen la capacidad de fagocitar fibras de colágena "viejas" y degradarla. Por lo tanto, los

fibroblastos parecen regular el metabolismo de la colágena mediante un mecanismo de degradación intracelular en el que no interviene la acción de la colagenasa. ⁽²⁰⁾

5.4.4 Aporte sanguíneo

El rico aporte sanguíneo del ligamento periodontal proviene principalmente de las arterias alveolares superior e inferior, aunque también pueden intervenir arterias de la encía, además de las arterias lingual y palatina, por anastomosis de ambas. Las arterias que irrigan el ligamento nacen de la arteria que irriga la pulpa antes de entrar en el foramen apical. ⁽¹⁹⁾

5.5 Cemento

El cemento es un tejido mineralizado especializado que recubre las superficies radiculares y, en ocasiones, pequeñas porciones de las coronas de los dientes. Asimismo, puede llegar a extenderse hacia el conducto radicular. A diferencia del hueso, el cemento no contiene vasos sanguíneos ni linfáticos, carece de inervación, no experimenta remodelación ni resorción fisiológica, pero se caracteriza porque se sigue depositando toda la vida. Los tipos principales de cemento radicular son el cemento acelular (primario) y el celular (secundario). Ambos constan de una matriz interfibrillar calcificada y fibrillas de colágena. ^(20,15)

5.5.1 Estructura y funciones

El cemento es de color amarillo pálido y más blando que la dentina: el grosor del cemento es muy variable y el tercio coronal puede medir sólo 10 a 60 micrómetros, en cambio en el tercio apical puede tener un grosor de 200 micrómetro o incluso mayor. El cemento se forma lentamente durante la vida y es resistente a la resorción. Sus funciones son fijar las fibras principales del ligamento periodontal a la raíz y contribuye en el proceso de

reparación cuando la superficie radicular ha sido dañada. Asimismo, sirve para adaptar la posición del diente a nuevas exigencias. ^(19,15)

Hay dos fuentes de fibras de colágena en el cemento: las fibras de Sharpey (extrínsecas), en la porción insertada de las fibras principales del ligamento periodontal, formadas por los fibroblastos, y las fibras que pertenecen a la matriz de cemento *per se* (intrínsecas), producida por los cementoblastos. ⁽²⁰⁾

5.5.2 Cemento acelular

El cemento acelular es el primero en formarse y cubre casi desde el tercio cervical hasta la mitad de la raíz; no contiene células. Las Fibras de Sharpey constituyen la mayor parte de la estructura del cemento acelular, que posee una función principal en el soporte dentario; su tamaño, cantidad y distribución aumentan con la función. Las fibras de Sharpey se encuentran mineralizadas por completo y los cristales minerales están dispuestos en formas paralelas a las fibrillas, al igual que en la dentina y el hueso, excepto en una zona a la unión cemento-dentina, donde se hallan calcificadas sólo de manera parcial. El cemento acelular también contiene fibrillas de colágena intrínsecas calcificadas y dispuestas irregularmente o paralelas a la superficie. ⁽²⁰⁾

5.5.3 Cemento celular

El cemento celular, formado una vez que el diente llega al plano oclusivo, es más irregular y contiene células (cementocitos) en espacios individuales (lagunas) que se comunican entre sí a través de un sistema de canalículos conectados. El cemento celular es menor calcificado que el tipo acelular. Las fibras de Sharpey ocupan una porción más reducida del cemento celular y están separadas por otras fibras desordenadas o paralelas en la superficie radicular. ⁽²⁰⁾

El contenido inorgánico del cemento (hidroxiapatita) corresponde al 45 a 50%, que es inferior al del hueso (65%), esmalte (97%) o dentina (70%).
(20)

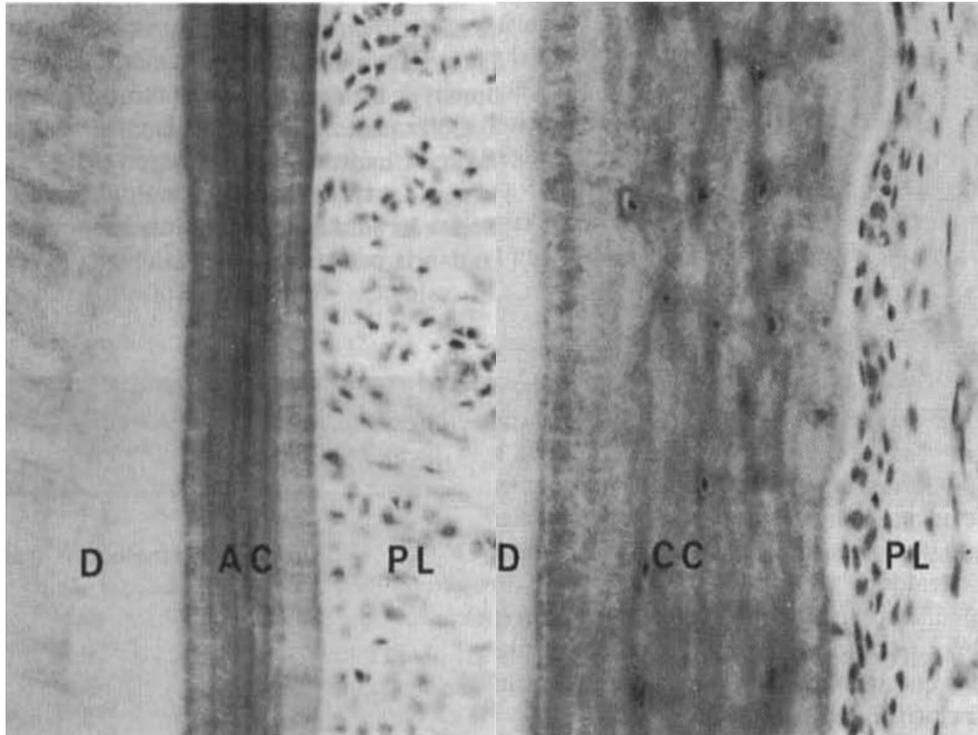


Figura 18. Cemento celular y acelular. D: Dentina; AC: cemento acelular; CC cemento celular.

5.5.4 Permeabilidad del cemento

En animales muy jóvenes, tanto el cemento celular como el acelular son muy permeables y permiten la difusión de colorantes desde la pulpa y la superficie radicular externa. En el cemento celular, los canalículos de ciertas zonas y los túbulos dentinarios están contiguos. Con la edad, la permeabilidad del cemento disminuye. (20)

5.6 Hueso alveolar

La apófisis alveolar se define como la parte de los maxilares superior e inferior que forma y sostiene los alvéolos de los dientes. La apófisis alveolar se extiende desde el hueso basal de los maxilares y su desarrollo es simultáneo con el desarrollo y la erupción de los dientes a fin de proveer la inserción ósea para el ligamento periodontal; desaparece de manera gradual una vez que pierde el diente. ^(15,20)

La apófisis alveolar consiste en los siguiente:

- Una tabla externa de hueso cortical formado por hueso haversiano y laminillas óseas compactadas. ⁽²⁰⁾
- La pared Interna del alveolo, constituida por hueso compacto delgado llamado hueso alveolar, aparece en las radiografías como cortical alveolar. Desde el punto de vista histológico, contiene una serie de aberturas (lámina cribiforme) por las cuales los paquetes neurovasculares unen el ligamento periodontal con el componente central del hueso alveolar, el hueso esponjoso. ⁽²⁰⁾
- Trabéculas esponjosas, entre esas dos capas compactas, que operan como hueso alveolar de soporte. El tabique interdental consta de hueso esponjoso de soporte rodeado por un borde compacto. ⁽²⁰⁾

5.6.1 Células y matriz intercelular

Los osteoblastos, células que producen la matriz orgánica del hueso, se diferencian de células foliculares pluripotenciales. El hueso alveolar se forma durante el crecimiento fetal por osificación intramembranosa y consta de una matriz calcificada con osteocitos encerrados dentro de espacios llamados lagunas. Los osteocitos emiten prolongaciones hacia los canalículos que se irradian desde las lagunas. Los canalículos forman un

sistema anastomosante a través de la matriz Intercelular del hueso, que lleva oxígeno y nutrientes a los osteocitos por sangre y elimina los desechos metabólicos. Los vasos sanguíneos se ramifican extensamente y atraviesan el periostio. El endostio se localiza junto a los vasos de la médula. Hay crecimiento óseo por aposición de una matriz orgánica depositada por los osteoblastos. Los sistemas haversianos (osteones) son las vías internas que suministran sangre a huesos demasiado gruesos que no podrían irrigar solo vasos superficiales. Se hallan en las tablas corticales y la cortical alveolar. ⁽²⁰⁾

El hueso posee dos terceras partes de materia inorgánica y una de matriz orgánica. La primera está compuesta sobre todo por los minerales calcio y fosfato, junto con hidroxilo, carbonatos, citrato y vestigios de otros iones, como sodio, magnesio y flúor. Las sales minerales aparecen en la forma de cristales de hidroxapatita de tamaño ultramicroscópico y constituyen alrededor de dos tercios de la estructura ósea. ⁽²⁰⁾

La matriz orgánica consiste principalmente en colágena de tipo I (90%) con pequeñas cantidades de proteínas no colágenas, como osteocalcina, osteonectina, proteína morfogenética ósea, fosfoproteínas y proteoglicanos. ⁽²⁰⁾

**VI. Factores etiológicos de la
enfermedad pulpar y
periodontal**

VI. Factores etiológicos

La cavidad bucal es un ecosistema rico en microorganismos; a pesar de encontrar virus, hongos, levaduras y protozoos, las bacterias representan un número mayor. ⁽²¹⁾

La anatomía cerrada de la pulpa dental proporciona una barrera primaria eficaz contra su colonización microbiana. Mientras la capa de esmalte esté intacta, las bacterias no llegarán a la pulpa a través de la corona. Además, las paredes de las raíces son igualmente impermeables por naturaleza. Si por alguna razón se pierden los tejidos externos que protegen la dentina (el esmalte o el cemento), las características y propiedades de los dos tejidos también se pierden. ^(21,22)

En condiciones convenientes, la microbiota oral normal puede dar lugar a patógenos oportunistas si se produce acceso a los tejidos de la pulpa dentaria. En estas condiciones patológicas, la superficie dentaria se convierte en una vía de contaminación con respecto a la pulpa, y en este medio líquido donde las sustancias bacterianas pueden propagarse a través de la dentina, produciendo reacciones pulpares patológicas. ^(21,22)

6.1 Tipos de irritantes

- Causas biológicas:
 - Caries. ⁽²²⁾
 - Enfermedad periodontal. ⁽²²⁾
 - Capa de barro dentinario. ⁽²²⁾
 - Anacoresis. ⁽²²⁾
- Causas físicas:
 - Calor originado por fricción. ⁽²²⁾
 - Deshidratación dentinaria. ⁽²²⁾
 - Profundidad cavitaria. ⁽²²⁾

- Grado de compactación del material restaurador. ⁽²²⁾
- Índice de contracción de las resinas compuestas. ⁽²²⁾
- Colocación de pernos intradentarios. ⁽²²⁾
- Trauma oclusal por fuerzas excesivas. ⁽²²⁾
- Emisión de luz láser. ⁽²²⁾
- Materiales de impresión. ⁽²²⁾
- Cementación de restauraciones. ⁽²²⁾
- Movimientos ortodóncicos. ⁽²²⁾
- Causas químicas:
 - Soluciones antisépticas, deshidratantes y desensibilizantes dentinarios. ⁽²²⁾
 - Materiales de protección pulpar y restauración dental. ⁽²²⁾
 - Recubrimiento dental directo. ⁽²²⁾
 - Recubrimiento pulpar indirecto. ⁽²²⁾
 - Agentes de cementación. ⁽²²⁾
 - Agentes para blanqueamientos dental. ⁽²²⁾
- Causas eléctricas. ⁽²²⁾
- Radiaciones. ⁽²²⁾

6.2 Vías principales

- Vía directa:
 - Caries dental. ⁽²²⁾
 - Preparación de cavidades o traumatismo dentario. ⁽²²⁾
 - Abrasión y erosión patológica. ⁽²²⁾
 - Defectos de desarrollo y tractos anormales de las estructuras dentales. ⁽²²⁾
- Vía periodontal: Las bacterias pueden proceder de una bolsa periodontal por un conducto lateral o bien por el desplazamiento de microorganismos por los propios túbulos dentinarios cuando hay una reabsorción del cemento. ⁽²³⁾

- Vía sanguínea: Efecto anacoresis de la infección. ⁽²²⁾

6.3 Respuesta pulpar a las lesiones

El tejido pulpar normalmente reacciona a una lesión biológica, física o química, provocando un depósito dentinario terciario (reaccionario o reparador), acompañado de una infiltración celular inflamatoria moderada. La fibrosis y el envejecimiento prematuro de la pulpa pueden acompañar a la resolución. Las investigaciones realizadas con marcadores radioactivos han demostrado la continuidad de circulación de los fluidos dentina y pulpa cuando la dentina se encuentra expuesta, así como la importancia del flujo sanguíneo pulpares en lo que se refiere a depurar los fluidos intersticiales pulpares provenientes del medio externo. ^(21,22)

Los principales factores que pueden alterar la respuesta inflamatoria pulpares son los siguientes: ⁽²²⁾

- El tejido pulpar se encuentra dentro de una cavidad rígida (dentina), lo cual limita su capacidad de expansión y lo hace vulnerable al incremento de la presión intrapulpar (edema inflamatorio); al sobrepasarse del umbral de las estructuras sensitivas periféricas y estimularse las fibras nerviosas de la zona se produce el dolor. ⁽²²⁾
- Otra característica ambiental diferencial del complejo dentino-pulpar se relaciona con el aporte sanguíneo, ya que carece de una circulación colateral eficaz que permita contrarrestar una irritación intensa; es decir, no se puede aportar nutrición adicional ni defensas a la zona irritada, lo que propicia frecuentemente la evolución irreversible de las lesiones pulpares a su rápida transformación en necrosis. ⁽²²⁾

Si no se trata, la enfermedad pulpar se extenderá más allá del vértice del diente y provocará una enfermedad periapical. Inicialmente, solo el ligamento periodontal estará involucrado en la reacción periapical. Sin embargo, se produce la reabsorción del cemento (y la dentina) y la rotura del hueso alveolar y todos los tejidos periodontales terminan afectados. ⁽²¹⁾

VII. Vías de daño Periodontal- Pulpar

VII. Vías de daño periodontal-pulpar

La pulpa y la dentina no solo tienen el mismo origen embrionario, sino que estructural y funcionalmente llevan a cabo funciones relacionadas, a medida que el diente se desarrolla, se crean tres vías principales de comunicación. (22,24,25,26)



Figura 19. Vías de comunicación entre el periodonto y la pulpa dental.

La placa dentobacteriana puede producir cambios patológicos en la pulpa por medio de estas vías de comunicación. (24,25,26)

7.1 Vías de comunicación

7.1.1 Túbulos dentinarios

Los túbulos dentinarios pueden ser denudados de su cobertura de cemento como resultado de enfermedad periodontal, procedimientos quirúrgicos, o durante el desarrollo cuando el cemento y el esmalte no se encuentran en la unión cemento esmalte, dejando así áreas de dentina expuesta. Los pacientes con estas condiciones experimentan hipersensibilidad dentinaria.

(25)

7.1.2 Conductos laterales

Los conductos laterales pueden presentarse en cualquier lugar a lo largo de la raíz, se estima que el 30-40% de los dientes tienen conductos laterales o accesorios y la mayoría de ellos se encuentran en el tercio apical de la raíz. Diversos estudios han encontrado que el 17 % de los dientes tenían conductos laterales en el tercio apical de la raíz, alrededor del 9% en el tercio medio y menos del 2% en el tercio coronal. La presencia de conductos laterales en la furca varía entre el 23 y el 76 %. No obstante, parece que la prevalencia de enfermedad periodontal asociada con conductos laterales es relativamente baja. ^(25,26)



Figura 20. Fig. Conducto lateral.

7.1.3 Foramen apical

El foramen apical es la ruta principal de comunicación entre la pulpa y el periodonto, el cual permite una entrada de elementos inflamatorios a la pulpa como bacterias y toxinas que pueden salir fácilmente a través del foramen apical causando una patología periapical. ⁽²⁷⁾

También, la enfermedad periodontal tiene un efecto perjudicial acumulativo en el tejido pulpar, la desintegración de la pulpa es una certeza solo si hay compromiso de la placa bacteriana en el foramen apical comprometiendo el aporte vascular. Seguido de necrosis pulpar, algunos productos bacterianos como las enzimas, metabolitos, antígenos, entre otros, llegan

al periodonto a través del foramen apical, iniciando la respuesta inflamatoria. (27)

Esto da resultado a una destrucción de fibras periodontales y reabsorción del hueso alveolar adyacente. (27)

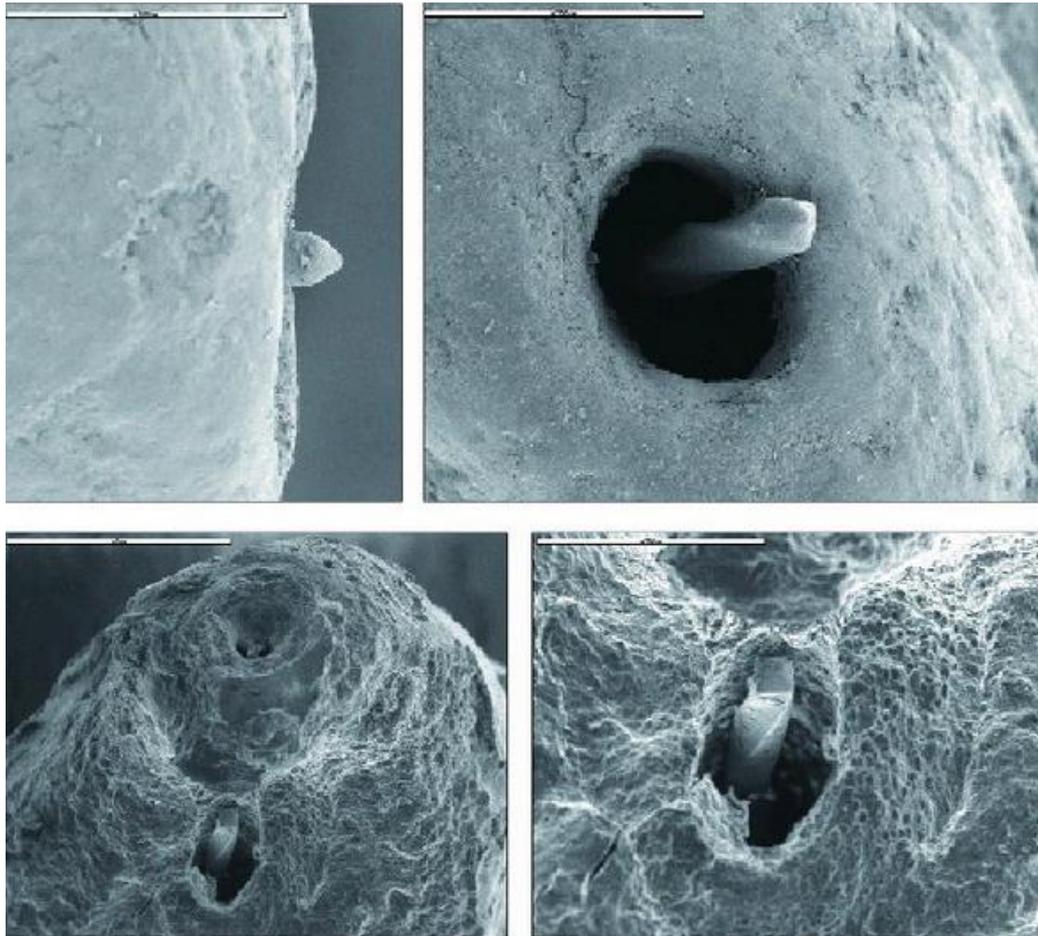


Figura 21. Microscopia electrónica de barrido de una lima de permeabilidad apical emergiendo 0.5 mm a través del foramen (Nótese la relación entre el calibre del instrumento y el del foramen).

VIII. PROTOCOLO DE IRRIGACIÓN

VIII. Protocolo de irrigación.

8.1 Hidrodinámica de la irrigación.

La dinámica de la irrigación hace referencia al modo en que penetra el flujo de irrigantes y se intercambia dentro del sistema de conductos radiculares, así como a las fuerzas que producen dichos irrigantes. Una mejor comprensión de la dinámica de fluidos de las distintas formas de irrigación contribuirá a obtener una desinfección previsible del sistema de conductos radiculares. Por ello, en la desinfección endodóncica, el proceso de administración es tan importante como las características antibacterianas de los irrigantes. ⁽²⁸⁾

La irrigación se define como "el lavado de una cavidad corporal o una herida con agua o un líquido con medicación", mientras que la aspiración es "el proceso de extracción de los líquidos o gases del cuerpo con un dispositivo de succión". Por su parte, un desinfectante se define como "un agente que destruye o inhibe la actividad de los microorganismos que provocan enfermedad". ⁽²⁸⁾

8.2 Requerimientos de las soluciones irrigadoras

- Evitar la transportación de restos dentinarios que provoquen bloqueos en el conducto radicular. ⁽²⁹⁾
- Desinfectar el sistema de conductos radiculares mediante una acción antibacteriana. ⁽²⁹⁾
- Disolver tejidos orgánicos e inorgánicos. ⁽²⁹⁾
- Descontaminar de endotoxinas (lipopolisacáridos). ⁽²⁹⁾
- Remover la capa residual. ⁽²⁹⁾
- Funcionar como lubricante para los instrumentos endodónticos. ⁽²⁹⁾
- No tener efectos citotóxicos sobre los tejidos periapicales. ⁽²⁹⁾
- Está activo en presencia de sangre, suero y derivados proteicos de los tejidos. ⁽²⁹⁾

- Tener una tensión superficial baja. ⁽²⁹⁾
- No manchar la estructura de los dientes. ⁽²⁸⁾
- Poder inactivarse en un medio de cultivo. ⁽²⁸⁾
- No inducir una respuesta inmunitaria mediada por las células. ⁽²⁸⁾
- Ser no antigénico, no tóxico y no carcinógeno para las células tisulares que rodean al diente. ⁽²⁸⁾
- No tener efectos adversos en las propiedades físicas de la dentina expuesta. ⁽²⁸⁾
- No ser contraindicado en la capacidad de sellado de los materiales de obturación. ⁽²⁸⁾
- Ser cómodo de aplicar. ⁽²⁸⁾
- Relativamente económico. ⁽²⁸⁾

Una solución irrigadora óptima debe cumplir con todos estos requisitos. Sin embargo, hoy en día ninguna de las soluciones disponibles en el mercado para este fin cumple con todos. Por eso, el pronóstico de un tratamiento endodóncico solamente puede ser elevado si durante la preparación biomecánica del sistema de conductos radiculares se utiliza una combinación de soluciones irrigadoras con una secuencia adecuada. ⁽²⁹⁾

8.3 Soluciones irrigadoras

El arsenal de productos comerciales destinados a la irrigación de conductos radiculares es amplio. Seleccionar la solución adecuada depende del cotejo entre las propiedades del producto y los efectos deseados en cada una de las condiciones clínicas que el diente en tratamiento pueda presentar. ⁽³⁰⁾

8.3.1 Hipoclorito de sodio (NaOCl)

El hipoclorito de sodio ha sido utilizado como desinfectante desde hace más de 70 años y ha sido reconocido como agente efectivo contra un amplio espectro de microorganismos patógenos: Gram positivos, Gram negativos, hongos, esporas y virus. Es un líquido claro, pálido, verde-amarillento

extremadamente alcalino, su PH es superior a 11, cuenta con un mecanismo de acción capaz de promover cambios en la biosíntesis celular, alteraciones en el metabolismo celular y destrucción de los fosfolípidos, tiene la característica de disolver tejidos orgánicos, así como acción antimicrobiana, promueve el blanqueamiento, es deodorizante y tiene una baja tensión superficial. ^(31,32)

En endodoncia el NaOCl es la solución irrigante más utilizada, ya que es un excelente antibacteriano capaz de disolver tejido necrótico, tejido pulpar vital y los componentes orgánicos de dentina y biopelículas. ⁽²⁸⁾

8.3.1.1 Modo de acción

La acción del NaOCl en los conductos radiculares es de la siguiente manera:

1. Reacción de saponificación: El hipoclorito de sodio actúa como un disolvente orgánico y de las grasas que degrada los ácidos grasos y los transforma en sales de ácidos grasos (jabón) y glicerol (alcohol), para reducir la tensión superficial de la solución residual. ⁽²⁸⁾
2. Reacción de neutralización: El hipoclorito de sodio neutraliza los aminoácidos para formar agua y sal. Con la salida de iones hidroxilo, el pH se reduce. ⁽²⁸⁾
3. Formación de ácido hipocloroso: cuando el cloro se disuelve en agua y está en contacto con materia orgánica, forma ácido hipocloroso, un ácido débil de fórmula química HOCl que actúa como oxidante. El HOCl y los iones hipoclorito (OCl⁻) producen degradación e hidrólisis de los aminoácidos. ⁽²⁸⁾
4. Acción de disolvente: El hipoclorito de sodio también actúa como disolvente, para liberar cloro que se combina con los grupos amino (NH) de las proteínas para formar cloraminas (reacción de cloraminación). Las cloraminas impiden el metabolismo celular; el

cloro es un fuerte oxidante e inhibe las enzimas bacterianas esenciales por oxidación Irreversible del grupo SH (grupo sulfhidrilo).
(28)

5. Alto pH: El hipoclorito de sodio es una base fuerte (pH > 11). La eficacia microbiana del hipoclorito de sodio, basada en su alto pH (acción de los iones hidroxilo), es similar al mecanismo de acción del hidróxido de calcio. El pH elevado interfiere en la integridad de la membrana citoplasmática debido a la inhibición enzimática Irreversible, las alteraciones biosintéticas en el metabolismo celular y la degradación de fosfolípidos observada en la peroxidación lipídica. (28)

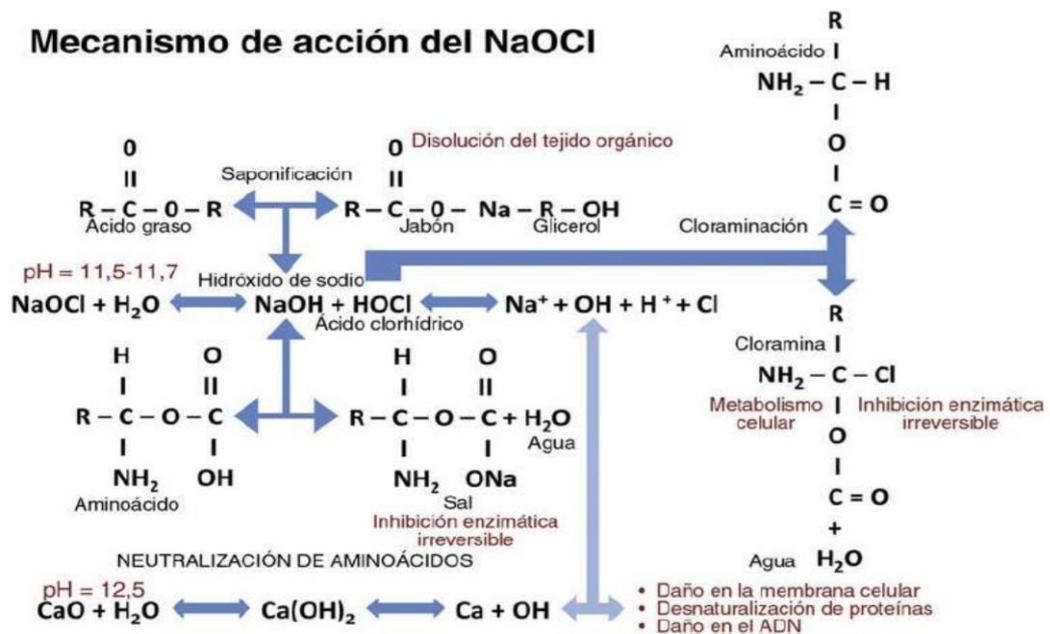


Figura 22. Esquema del mecanismo de acción del hipoclorito de sodio con las principales interacciones y propiedades destacadas.

El empleo del hipoclorito de sodio en endodoncia es recomendado con una concentración de entre 0.5% y 6%, en la que tiene un potencial adecuado para disolver tejido pulpar y colágeno. El hipoclorito de sodio no es capaz de remover la capa residual, sin embargo, puede influir en los componentes

orgánicos de la misma y de esta manera facilitar su remoción, ya sea paralelamente o después de su uso. ⁽²⁹⁾

Las desventajas del hipoclorito de sodio son su toxicidad, su sabor y su capacidad de remover la capa residual. A pesar de esto, es considerada la solución irrigadora más importante en endodoncia y la única capaz de disolver el material orgánico, biofilm y partes orgánicas de la capa residual. ⁽²⁹⁾

8.3.2 Ácido etilendiaminotetraacético (EDTA)

Los agentes de quelación se introdujeron en endodoncia como un adyuvante en la preparación de conductos radiculares estrechos y calcificados en 1957 por Nygaard-Østby. ⁽²⁸⁾

Es un ácido aminopolicarboxílico, sólido, incoloro e insoluble en agua y con un Ph neutro de 7.3. ^(28,33)

8.3.2.1 Modo de acción

La sal sódica del EDTA en concentración de 10% a 17% tiene un efecto quelante potente. La quelación es un proceso definido como "un proceso físico-químico de captación de iones positivos multivalentes (calcio, cobre, plomo, mercurio, hierro, cromo). De esta manera, es capaz de absorber el calcio de la dentina y disolver la capa residual dentinaria generada durante la preparación de los conductos radiculares, propiciando la apertura de las entradas de los túbulos dentinarios, de modo que una solución irrigadora con efecto antimicrobiano puede actuar dentro de ellos. ^(29,34)

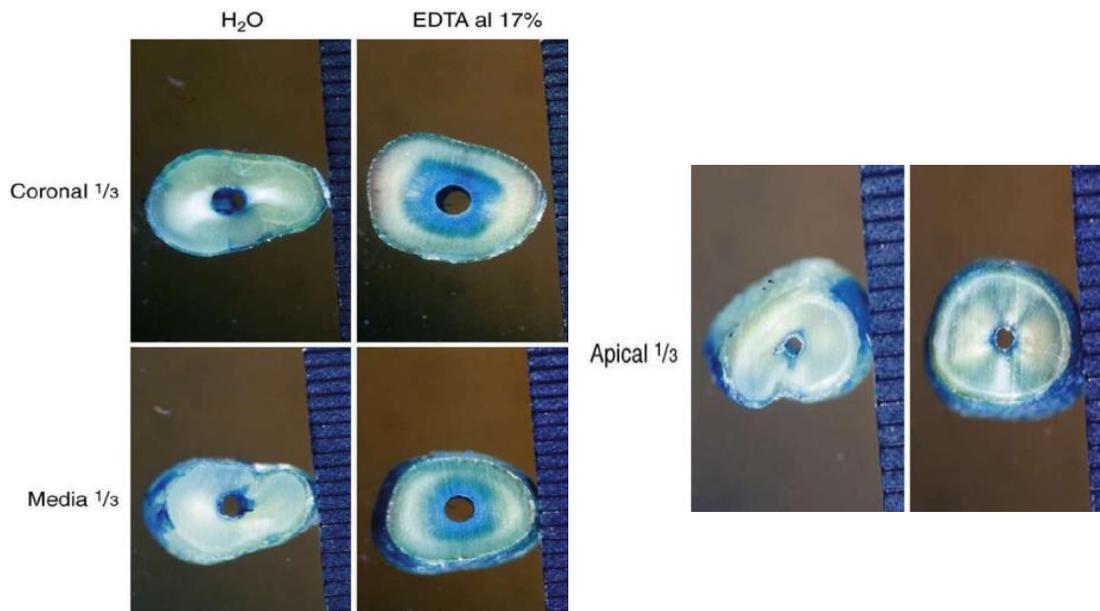


Figura 23. Penetración de irrigantes en los túbulos dentinarios después de la preparación del conducto radicular con H₂O y EDTA al 17%.

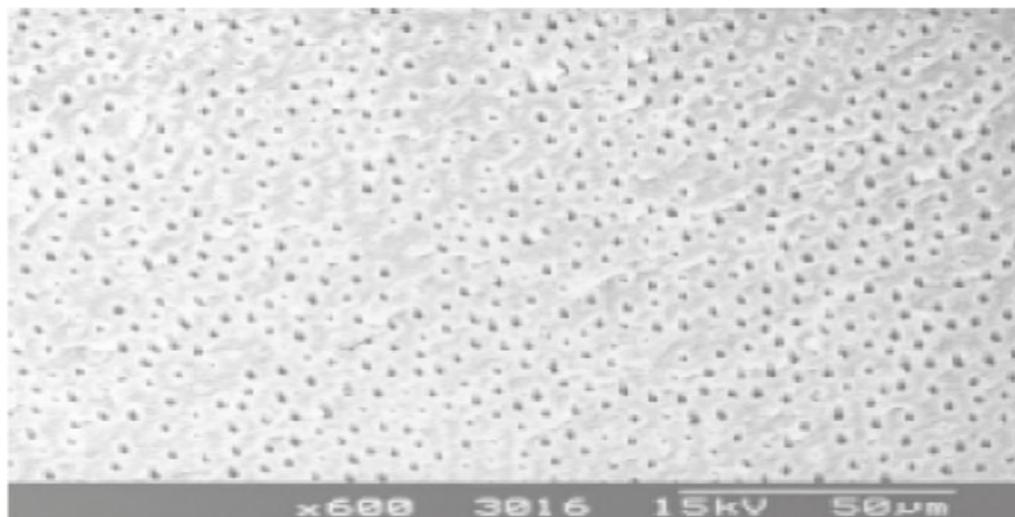


Figura 24. Superficie de un conductor radicular irrigado con una solución quelante. Se pueden observar los túbulos dentinarios abiertos.

En general, el EDTA en solitario no puede eliminar el barrillo dentinario de manera eficaz; debe añadirse un componente proteolítico, como NaOCl, para eliminar los componentes orgánicos de este barrillo. Para la preparación de los conductos radiculares, el EDTA tiene un valor limitado como líquido de irrigación si se utiliza solo. Aun cuando el EDTA tiene una acción autolimitada, si se deja en el conducto durante más tiempo o se utiliza hipoclorito de sodio después del EDTA, se ha observado erosión de la dentina. ⁽²⁸⁾

8.3.3 Peróxido de hidrogeno

El peróxido de hidrógeno es un ácido débil, en endodoncia es usado al 3% (H₂O₂ al 3%) debido a sus propiedades desinfectantes y a su acción efervescente. La liberación de oxígeno destruye los microorganismos anaerobios estrictos, y el burbujeo de la solución cuando entra en contacto con los tejidos y ciertas sustancias químicas, expulsa restos tisulares fuera del conducto. ⁽³⁵⁾

La última irrigación debe realizarse con NaOCl, ya que el peróxido de hidrógeno puede seguir liberando oxígeno naciente después de cerrar la cavidad de acceso y elevar la presión interna desencadenando dolor e inflamación. ⁽³⁵⁾

8.3.4 Solución salina fisiológica (Suero)

La solución fisiológica, también llamada solución salina, es un líquido cristalino acuoso de contenido de electrolitos y otras moléculas hidrofílicas. ⁽³⁶⁾

Ha sido recomendada por algunos investigadores porque minimiza la irritación y la inflamación de los tejidos. En concentración isotónica, la solución salina no produce daños conocidos en el tejido y se ha demostrado que expelle los detritos de los conductos con tanta eficacia como el hipoclorito de sodio. Produce gran desbridamiento y lubricación. Esta solución es susceptible de contaminarse con materiales biológicos extraños por una manipulación incorrecta antes, durante y después de utilizarla. La irrigación con solución salina sacrifica la destrucción química de la materia microbiológica y la disolución de los tejidos mecánicamente inaccesibles, por ejemplo, los tejidos de los canales accesorios y de los puentes interconductos. La solución salina isotónica es demasiado débil para limpiar los conductos concienzudamente. (37)



Figura 25. Irrigantes.

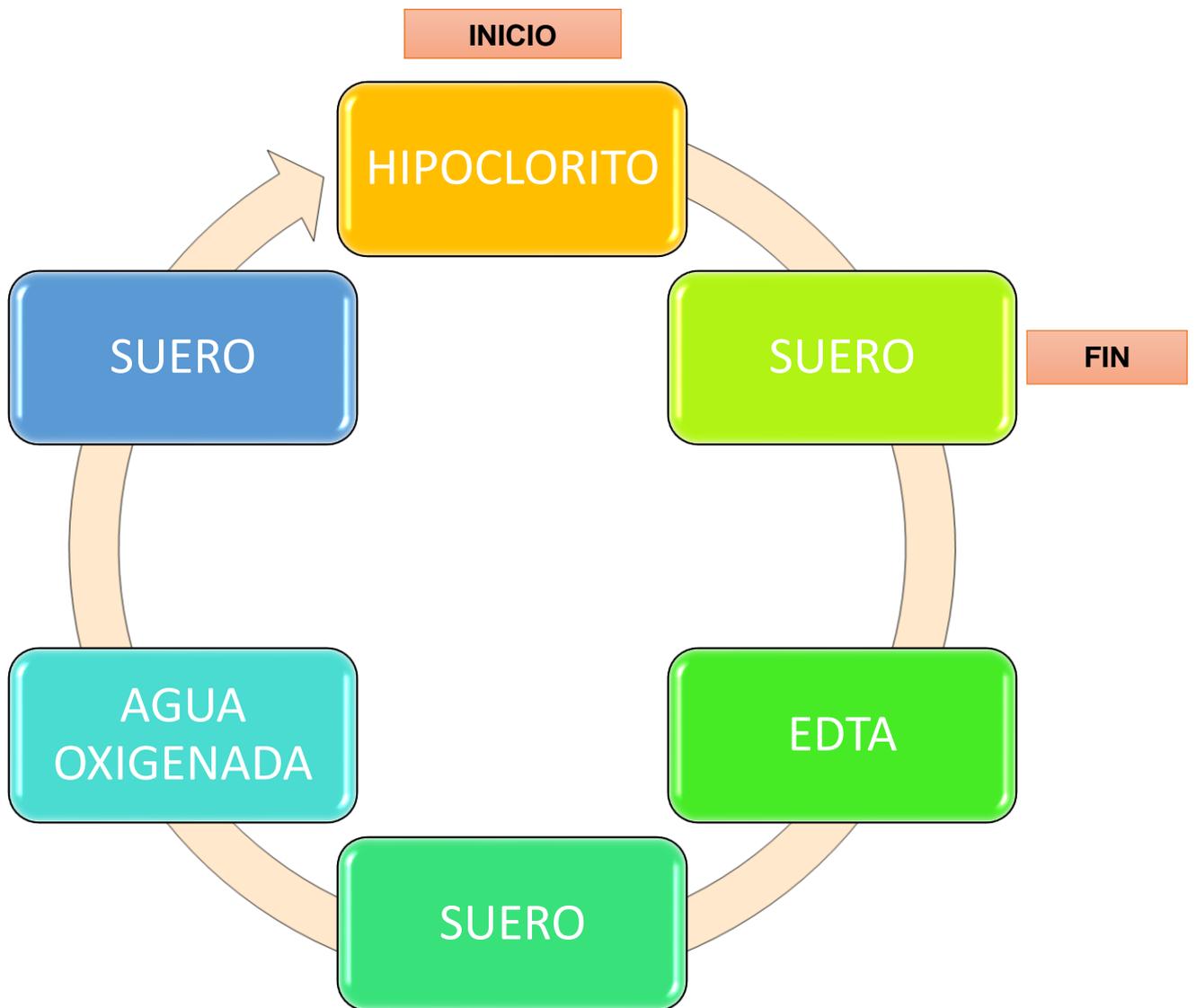


Figura 26. Protocolo de irrigación.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

El éxito de la primera consulta con un paciente que presente dolor; es aliviar o disminuir la molestia con una detección y diferenciación de los signos y síntomas, entendiendo la etiología y la razón de la respuesta fisiológica de los tejidos dentales hacia alguna irritación.

Por naturaleza la pulpa dental está protegida por la anatomía (esmalte y cemento) barrera primaria que es eficaz contra los microorganismos en salud.

Los túbulos dentinarios hacen permeable la dentina; y tomando en cuenta que el cemento celular, los canalículos de ciertas zonas y los túbulos dentinarios son aledaños, estos ofrecen una vía de entrada a los irritantes.

Un experimento realizado en animales jóvenes se demostró que el cemento celular cuanto al acelular es muy permeable permitiendo una difusión de colorantes desde la pulpa hasta la superficie radicular externa.

La evidencia demuestra que la teoría hidrodinámica es aceptada como uno de los mecanismos de inducción del dolor. El movimiento del líquido en el interior estimula a los odontoblastos y a sus fibras A δ debido a la apertura de túbulos dentinarios expuestos, cuanto más abierto este dicho túbulo mayor será el movimiento del líquido tisular.

De tal manera cuando ocurre una irritación hay una tendencia a proteger la pulpa; una de ellas es la disminución de la permeabilidad dentinaria mediante la formación de la dentina esclerótica que se forma paulatinamente o por efecto acumulativo de continua aposición de dentina intratubular la cual ocluye los túbulos dentinarios.

Cuando hay obstrucción de los túbulos se manifiesta una presión osmótica estimulando las fibras A de conducción rápida.

Frente la evidencia recaudada la presión genera dolor y para liberar este dolor además del sistema linfático que nos ofrece la pulpa se necesita quitar la obstrucción formada por la dentina o el cemento. Esto se logra con la utilización de un protocolo de irrigación.

La mayoría de las patologías endodónticas son debidas a la presencia de bacterias, que penetran a través de los túbulos dentinarios hacia el interior provocando inflamación de los tejidos periodontales a través del orificio apical y conductos laterales.

El hipoclorito de sodio (NaOCl) es el irrigante más utilizado en endodoncia por sus propiedades antibacterianas, lubricantes y disolvente de tejido; y su uso junto a sustancias quelantes (EDTA) ofrecen una mayor limpieza del canal y túbulos dentinarios aumentando el diámetro de estos.

La liberación de oxígeno con el peróxido de hidrogeno destruye los microorganismos anaerobios y expulsa restos tisulares fuera del conducto.

Es importante identificar los riesgos que conlleva la filtración de irrigantes hacia los tejidos periodontales ya que pueden generar efectos adversos sumamente dolorosos e inflamatorios en muy poco tiempo.

Los irrigantes al contacto con tejidos periodontales son considerados irritantes. La manera de solucionar de momento la irritación es la utilización de un neutralizador siendo la solución salina la mejor opción.

Actualmente se considera a la irrigación como parte importante para que el tratamiento de conductos sea exitoso. Aunque hasta la fecha no se ha

desarrollado un irrigante ideal, si es posible combinarlos para obtener una adecuada desinfección.

Aun cuando se observó la interrelación de áreas y la forma en cómo la combinación de irrigantes ayudan a resolver o aliviar el dolor. Considero que falta investigar viendo al paciente como un todo; ya que encontrar información en conjunto y documentada es muy poca, la mayoría se encuentra como dos áreas distintas cuando la realidad es que son una unidad.

**REFERENCIAS
BIBLIOGRAFICAS**

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Gómez M, Campos A. Base Conceptual y terminológicas. En: Sánchez M, Carda M, et. al. Coordinadores. Histología, embriología e ingeniería tisular bucodental. 4ª edición. Ciudad de México: Editorial Médica Panamericana; 2019. p.1-13.
2. Garzón I, Martín M.A., et. al. Dentina. En: Sánchez M, Carda M, et. al. Coordinadores. Histología, embriología e ingeniería tisular bucodental. 4ª. Ciudad de México: Editorial Médica Panamericana; 2019. p. 184-212.
3. Chávez E. Biología del complejo dentino-pulpar. En: García R, Briseño B. coordinadores. ENDODONCIA I Fundamentos y clínica. 1ª edición. Ciudad de México: Dirección General de Publicaciones y Fomento Editorial; 2016. p. 13-54.
4. Fristad I, Berggreen E. Estructura y funciones del complejo pulpodentinario. En: Hargreaves K, Berman L editores. Vías de la pulpa. Undécima edición. España: ELSEVIER; 2016. p. 1705-1849.
5. Llamas R, Villa A.M. Biología de la pulpa y de los tejidos periapicales. En: Candal C, Brau E. editores. Endodoncia: técnicas clínicas y bases científicas. 3ª edición. Barcelona, España: Elsevier Masson; 2014. p. 3-10.
6. Chiego D. Dentina. En: Chiego D. editor del libro. Principios de la histología y embriología bucal: con orientación clínica. 4ª edición. Barcelona, España: Elsevier; 2014. p. 101-112.
7. Kawashima N, Okiji T. Odontoblasts: Specialized hard-tissue-forming cells in the dentin-pulp complex: Odontoblasts and the dentin-pulp complex. Congenit Anom (Kyoto). [Internet]. 2016 [consultado 9 de Marzo 2021]; Disponible en:<https://onlinelibrary-wiley-com.pbidi.unam.mx:2443/doi/full/10.1111/cga.12169>
8. Jeanneau C, Fionnula T, et al. Potential Therapeutic Strategy of Targeting Pulp Fibroblasts in Dentin-Pulp Regeneration. Journal of

- Endodontics. [Internet]. 2017 [consultado 9 de Marzo 2021]; Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0099239917307604>
9. Garzón I, Martín M.A., et. al. Pulpa Dental. En: Sánchez M, Carda M, et. al. Coordinadores. Histología, embriología e ingeniería tisular bucodental. 4ª. Ciudad de México: Editorial Médica Panamericana; 2019. p. 157-183.
 10. Chiego D. Pulpa dental. En: Chiego D. editor. Principios de la histología y embriología bucal: con orientación clínica. 4ª edición. Barcelona, España: Elsevier; 2014. p. 113-127.
 11. Fristad I, Berggreen E. Estructura y funciones del complejo pulpodentinario. En: Hargreaves K, Berman L editores. Vías de la pulpa. Undécima edición. España: ELSEVIER; 2016. p. 1705-1849.
 12. Berman L, Rotstein I. Diagnóstico. En: Hargreaves K, Berman L editores. Vías de la pulpa. Undécima edición. España: ELSEVIER; 2016. p. 52-144.
 13. Renneboog RM. Ms. Osmosis. Salem Press Encyclopedia of Science [Internet]. 2020 [consultado 9 de Marzo 2021]; Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=ers&AN=113246946&lang=es&site=eds-live>
 14. Tortora G, Derrickson B. Nivel celular de organización. En: Tortora G, Derrickson B. Principios de anatomía y fisiología. 15ª edición. Ciudad de México: Editorial Médica Panamericana; 2018. p. 60-105.
 15. Lindhe J, Karring T, et al. Anatomía de los tejidos periodontales. En: Lang P, Lindhe J editores. Periodontología clínica e implantológica. 6ª edición. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana, 2017. p. 3-47.
 16. Obando L. Anatomía del periodonto. Universidad Inca Garcilaso de la vega [Internet]. 2019. [Consultado 14 de Marzo 2021]Lima. Disponible en:

http://repositorio.uigv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.11818/4139/TRABAJO%20ACADEMICO_OBANDO_LUIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y

17. Lister C, Alarcón M. Fenotipos periodontales. Rev Estomatol Herdiana. [Internet]. 2010. [Consultado 14 de Marzo 2021].20(4): 227-230. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4215/421539361010.pdf>
18. Itoiz M, Carranza F. La encía. En: Newman M, Takei H, et al. directores. Clinical Periodontology. 9ª edición. Editorial Interamericana; 1997. p. 15-35
19. Eley B, Soory M, et al. Tejidos periodontales. En: Eley B, Soory M, et al. Editores del libro. Periodoncia. 6ª edición. Barcelona, España: Elsevier; 2012. p. 1-18.
20. Carranza F, Bernard G. Estructuras de soporte dentario En: Newman M, Takei H, et al. directores. Clinical Periodontology. 9ª edición. Editorial Interamericana; 1997. p.36-58.
21. Gomes BPF de A, Herrera DR. Etiologic role of root canal infection in apical periodontitis and its relationship with clinical symptomatology. Braz Oral Res. [Internet] 2018. [Consultado 14 de Marzo 2021].32(suppl 1): e69. Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-83242018000500604&lng=en&tlng=en
22. Chávez E. Factores Etiológicos de la enfermedad pulpar y periodontal. En: García R, Briseño B. coordinadores. ENDODONCIA I Fundamentos y clínica. 1ª edición. Ciudad de México: Dirección General de Publicaciones y Fomento Editorial; 2016. p. 65-95.
23. Segura J, Candal C. Etiopatogenia de la enfermedad pulpar y periapical. En: Candal C, Brau E. editores. Endodoncia: técnicas clínicas y bases científicas. 3ª edición. Barcelona, España: Elsevier Masson; 2014. p. 40-57.
24. Bergenholtz G, Ricucci D. Lesions of endodontic Original. Carnevale G, Pontoriero R, Lindhe J. Tratamiento de dientes con lesiones de

- furcación. En: Lindhe J, Karring T, Lang NP. Clinical Periodontology and Implant Dentistry. Oxford UK: Munksgaard; 2009. p. 504-518, 829-863.
25. Rotstein I, Simon JH. Diagnosis, prognosis and decision-making in the treatment of combined periodontal-endodontic lesions. Periodontology 2000. 2004; 34:165-203.
26. Herrera D, Retamal-Valdes B, Alonso B, Feres M. Acute periodontal lesions (periodontal abscesses and necrotizing periodontal diseases) and endo-periodontal lesions. J Clin Periodontol. 2018;45(Suppl 20):S78–S94.
27. Pesqueira Cinco P, Carro Hernández H. Lesiones endoperiodontales. Odontología Vital [Internet]. 2017. [Consultado 14 de Marzo 2021];(27):35–44. Disponible en: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-07752017000200035
28. Peters O, Peters C, et al. Limpieza y Conformación del sistema de conductos radiculares. En: Hargreaves K, Berman L editores. Vías de la pulpa. Undécima edición. España: ELSEVIER; 2016. p. 747-964.
29. Briseño B, García R. Importancia y protocolo de la irrigación. En: García R, Briseño B. coordinadores. ENDODONCIA I Fundamentos y clínica. 1ª edición. Ciudad de México: Dirección General de Publicaciones y Fomento Editorial; 2016. p. 273-292.
30. Chain M, Frajlich S, et al. Procedimientos y productos químicos auxiliares de la preparación mecánica. En: Soares I, Golberg F. directores del libro. Endodoncia: técnica y fundamentos. 2ª edición. Buenos Aires, Argentina: Editorial Médica Panamericana; 2012. p. 205-203.
31. Talavera-Bustamante I, Menéndez-Cabezas A. Una explicación desde la química: ¿por qué son efectivos el agua y jabón, el hipoclorito de sodio y el alcohol para prevenir el contagio con la COVID-19?. Anales de la Academia de Ciencias de Cuba [revista en

- Internet]. 2020 [citado 26 de Febrero 2021]; 10(2): [aprox. 0 p.].
Disponible
en: <http://www.revistaccuba.cu/index.php/revacc/article/view/781>
32. Jefferson M, Manhães F, et al. Efficiency of different concentrations of sodium hypochlorite during endodontic treatment. Literature review. Dental Press Endodontics [Internet]. 2012 [citado 26 de Febrero 2021];2(4):32–7. Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=lth&AN=87606416&lang=es&site=eds-live>
33. LIMPIEZA Y CONFORMACIÓN: Irrigación [Internet]. Unam.mx. [citado 19 de Febrero 2021]. Disponible en: <https://www.iztacala.unam.mx/rrivas/NOTAS/Notas11Limpieza/irredta.html>
34. Miguel V, Influencia sobre la dureza de la dentina radicular del hipoclorito de sodio, ácido etilendiaminotetraacético e irrigación ultrasónica pasiva. Universidad Complutense de Madrid. [Internet]. 2015. Madrid [citado 19 de Febrero 2021] Disponible en: <http://eprints.ucm.es/id/eprint/34339/1/T36682.pdf>
35. LIMPIEZA Y CONFORMACIÓN: Irrigación [Internet]. Unam.mx. [citado 7 de Marzo 2021]. Disponible en: <https://www.iztacala.unam.mx/rrivas/NOTAS/Notas11Limpieza/irroxido.html>
36. Moya Chávez Lucero Andrea, Calderón Prado Jhoana. Soluciones Cristaloides Y Coloides. Rev. Act. Clin. Med [Internet]. [Citado 5 de Marzo 2021]. Disponible en: http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2304-37682014000100009&lng=es.
37. Rivas, R. La irrigación de la cavidad endodóntica. Fes Iztacala. [Internet]. 2011. [citado 7 de Marzo 2021]. Disponible en: <https://www.iztacala.unam.mx/rrivas/limpieza2.html>

REFERENCIAS DE IMÁGENES

- Figura 1: Tejidos dentales y periodontales. Tomado de: Gómez M, Campos A. Histología, embriología e ingeniería tisular bucodental, pág. 10.
- Figura 2. Micrografía MEB de la dentina mineralizada. En A se aprecian los túbulos dentinarios (TD) en un corte oblicuo. En B se muestra la distribución de la entrada de los túbulos dentinarios (TD) en la unión sobre la superficie pulpar. En el interior de algunos túbulos pueden observarse prolongaciones citoplasmáticas de dentinoblastos (PC). Tomado de: García R, Briseño B. ENDODONCIA I Fundamentos y clínica. pág. 20.
- Figura 3. Sección de túbulos dentinarios contaminados en la dentina mineralizada. Tomado de: García R, Briseño B. ENDODONCIA I Fundamentos y clínica. pág. 21.
- Figura 4. Corte histológico de la dentina del manto. Área limitada por la unión amelodentinaria por encima y dentina interglobular por debajo. Tomado de: Chiego D. Histología y embriología bucal. Pág. 103.
- Figura 5. Dentina primaria (izquierda) y dentina secundaria (derecha): Chiego D. Histología embriología bucal. Pág. 104.
- Figura 6. Dentina normal y reparativa. A, Dentina normal. B a E, Dentina reparativa: B, Disminución de túbulos dentinarios. C, Inclusiones celulares. D, Túbulos irregulares y entrelazados. E, combinación de tipos. Tomado de: Chiego D. Histología embriología bucal. Pág. 105
- Figura 7. Dentina terciaria. Se visualiza la deformación de la cámara pulpar por la formación de esta. Tomado de: Chiego D. Histología embriología bucal. Pág.105.
- Figura 8. Esquema de los túbulos dentinarios que muestra la dentina peritubular e intertubular. Tomado de: Chiego D. Histología embriología bucal. Pág. 106.

- Figura 9. Microrradiografía de líneas de incremento de 20 μm (líneas de von Ebner) en la dentina. Microscópicamente, entre las líneas de 20 μm pueden observarse finas líneas de incremento diario. Tomado de: Chiego D. Histología embriología bucal. Pág. 108.
- Figura 10. Aspecto histológico de la capa granular de la dentina (centro) y cemento (derecha), con restos del ligamento periodontal (derecha del todo). Tomado de: Chiego D. Histología embriología bucal. Pág. 109.
- Figura 11. Localización y diferencias de tamaño de los túbulos dentinarios en la unión amelodentinaria (A) y en la pulpa (C) y relaciones entre los túbulos en el suelo de la cavidad (B y D) y la vía de la caries a través de la dentina. El tamaño de los túbulos en el borde de la pulpa (C) puede compararse con el de los del suelo de la cavidad (B y D) y en la unión amelodentinaria (A). Tomado de: Chiego D. Histología embriología bucal. Pág. 111.
- Figura 12. Movimiento de líquido dentro de los túbulos dentinarios. Los túbulos dentinarios están llenos de líquido que, cuando es estimulado, genera una sensación. Los cambios de temperatura, el aire y los cambios osmóticos pueden provocar que el proceso odontoblástico induzca la estimulación de las fibras A δ . Tomado de: Hargreaves K, Berman L. Vías de la pulpa. Cohen. pág. 127.
- Figura 13. Principio de ósmosis. Tomado de: Tortora G, Derrickson B. Principios de anatomía y fisiología. pág. 68.
- Figura 14. Anatomía del periodonto. Tomado de: https://www.google.com/search?q=periodonto&client=tablet-android-samsung&prmd=ivbn&sxsrf=ALeKk00Cp5_jydITWpb8AZOVEvdOr_oqpg:1614050543523&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUK Ewj43a7qhv_uAhURK80KHUz2DkIQ_AUoAXoECA4QAQ&biw=1024&bih=768&dpr=2#imgsrc=KvwyEcHKC5bTsM
- Figura 15. Fenotipo periodontal medido mediante parámetros visuales: a) Fenotipo grueso; b) Fenotipo delgado. Tomado de:

https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0719-01072015000300002

- Figura 16. Tipos de encía. Naranja: Encía marginal libre; Verde: Encía insertada; Amarillo: Encía interdental; Amarillo: Mucosa. Tomado de: Fotografía donada por la Dra. Lorena Contreras.
- Figura 17. Haces de las fibras del ligamento periodontal. FCA: Fibras crestalvolares; FH: Fibras horizontales; FO: Fibras oblicuas; FA: Fibras apicales; CR: Cemento radicular; HAPD: Hueso alveolar. Tomado de: Lang P, Lindhe J. Periodontología Clínica e Implantología Odontológica. Pág. 27.
- Figura 18. Cemento celular y acelular. D: Dentina; AC: cemento acelular; CC cemento celular. Tomado de: Carranza F, Newman M. Clinical Perodontology. Pág. 43.
- Figura 19. Vías de comunicación entre el periodonto y la pulpa dental. Tomado de: Vargas A, Yañez B, et al. Periodontología e Implantología. Pág. 283.
- Figura 20. Fig. Conducto lateral Tomado de: https://www.iztacala.unam.mx/rrivas/NOTAS/Notas6Histologia/emb_conductos.html
- Figura 21. Microscopia electrónica de barrido de una lima de permeabilidad apical emergiendo 0.5 mm a través del foramen (Nótese la relación entre el calibre del instrumento y el del foramen). Tomado de: <https://gacetadental.com/2011/09/reflexiones-actuales-sobre-el-clculo-de-la-longitud-de-trabajo-en-endoncia-25428/>
- Figura 22. Esquema del mecanismo de acción del hipoclorito de sodio con las principales interacciones y propiedades destacadas. Tomado de: Hargreaves K, Berman L. Vías de la pulpa. Cohen. pág. 862.
- Figura 23. Penetración de irrigantes en los túbulos dentinarios después de la preparación del conducto radicular con H₂O y EDTA

al 17%. Tomado de: Hargreaves K, Berman L. Vías de la pulpa. Cohen. pág. 877.

- Figura 24. Superficie de un conductor radicular irrigado con una solución quelante. Se pueden observar los túbulos destinatarios abiertos. Tomado de: Candal C, Brau E. Endodoncia: técnicas clínicas y bases científicas, pág. 188.
- Figura 25. Irrigantes Tomado de: Fuente propia.
- Figura 26. Protocolo de irrigación. Tomado de: Fuente propia.