



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

REVISIÓN DE LOS SISTEMAS ADHESIVOS UNIVERSALES
Y SU EFICACIA SOBRE LA ESTRUCTURA DENTARIA EN
REHABILITACIÓN ORAL.

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

CIRUJANO DENTISTA

P R E S E N T A:

ALFONSO ANTONIO HERNÁNDEZ MOCTEZUMA

TUTOR: Esp. REBECA CRUZ GONZÁLEZ CÁRDENAS



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.

Agradecimientos

A MIS PADRES, por darme la confianza, la oportunidad y el apoyo para ir trazando mi propio camino, así como el valor para arriesgarme y descubrir por cuenta propia, por darme la mano y seguir sosteniéndome para buscar nuevas oportunidades. Por siempre estar tan cerca a pesar de, físicamente, estar lejos.

A MI TÍA MARÍA DEL ROSARIO Y MAMÁ PETATÁN, por cuidarme desde siempre, por su cariño, sus atenciones, su tiempo y apoyo en todo sentido y cuando más lo he necesitado. Por seguir estando en las buenas y en las malas.

A MIS TÍOS ANGÉLICA Y MANUEL, por abrirme las puertas de su hogar y tratarme como un hijo más, sin excepciones ni limitaciones. Por los desvelos, cansancios e inconvenientes causados en algún momento durante todos estos años.

A MIS PRIMOS ESTHER, MARIANA Y EMMANUEL, por hacerme sentir un hermano más desde el primer día que compartimos, por estar siempre que lo he necesitado. Aunque Emmanuel no está más físicamente con nosotros, vivirá siempre en mis recuerdos y seguirá acompañándome en cada paso.

A MI TUTORA, LA C.D. ESP. REBECA CRUZ GONZÁLEZ CÁRDENAS, por la confianza, las enseñanzas y el tiempo compartido. Por el conocimiento brindado para con mi persona en esta última etapa universitaria.

A MIS AMISTADES, por el ánimo, por hacer los días pesados más divertidos, por estar en momentos buenos y no tan buenos, los recuerdos, las buenas historias, las risas que nunca faltaron y por hacer de cada año una nueva experiencia.

A LA UNAM, por darme mucho por tan poco. Por mi raza hablará el espíritu.

Índice

Introducción	6
Objetivo	8
1. Estructura dentaria	9
1.1 Esmalte.....	9
1.1.1 Origen embriológico.....	9
1.1.2 Características histológicas.....	12
1.1.3 Composición química.....	13
1.1.4 Propiedades físicas.....	14
1.1.4.1 Permeabilidad.....	14
1.1.4.2 Elasticidad.....	14
1.2 Dentina.....	14
1.2.1 Origen embriológico.....	14
1.2.2 Características histológicas.....	15
1.2.2.1 Túbulos dentinarios.....	16
1.2.2.2 Dentina peritubular.....	17
1.2.2.3 Dentina intertubular.....	17
1.2.3 Clasificación.....	18
1.2.3.1 De acuerdo a la histogenética.....	18
1.2.3.1.1 Primaria.....	18
1.2.3.1.2 Secundaria.....	18
1.2.3.1.3 Terciaria o reparativa.....	19
1.2.4 Composición química.....	20
1.2.5 Propiedades físicas.....	20
1.2.5.1 Permeabilidad.....	20
1.2.5.2 Elasticidad.....	20
1.3 Tejido pulpar.....	21
1.3.1 Origen embriológico.....	21
1.3.2 Composición estructural.....	21
1.3.3 Características histológicas.....	22
1.3.4 Inervación.....	23
1.3.5 Funciones.....	23
2. Adhesión	24
2.1 Definición.....	24

2.2 Tipos.....	25
2.2.1 Física.....	25
2.2.1.1 Macromecánica.....	25
2.2.1.2 Micromecánica.....	25
2.2.2 Química.....	25
2.2.2.1 Enlaces primarios.....	25
2.2.2.1.1 Enlace iónico.....	26
2.2.2.1.2 Enlace covalente.....	26
2.2.2.1.3 Enlace metálico.....	26
2.2.2.2 Enlaces secundarios.....	26
2.2.2.2.1 Puente de hidrógeno.....	26
3. Sistemas adhesivos.....	27
3.1 Antecedentes.....	27
3.2 Componentes.....	29
3.2.1 Ácido grabador.....	29
3.2.2 Primer.....	29
3.2.3 Bonding o adhesivo.....	29
3.2.4 Solventes.....	29
3.3 Clasificación.....	30
3.3.1 Por generaciones.....	30
3.3.1.1 Primera generación.....	30
3.3.1.2 Segunda generación.....	31
3.3.1.3 Tercera generación.....	32
3.3.1.4 Cuarta generación.....	32
3.3.1.5 Quinta generación.....	33
3.3.1.6 Sexta generación.....	34
3.3.1.7 Séptima generación.....	35
3.3.2 Por el número de pasos.....	36
3.3.2.1 Sistemas de un paso.....	37
3.3.2.2 Sistemas de dos pasos.....	37
3.3.2.3 Sistemas de tres pasos.....	37
3.3.3 Por la forma de tratar la superficie adhesiva.....	37
3.3.3.1 Eliminación del smear layer.....	37
3.3.3.2 Disolución del smear layer.....	38

4. Sistemas adhesivos universales	40
4.1 Definición.....	40
4.2 Características.....	40
4.3 Ventajas.....	41
4.4 Desventajas.....	41
4.5 Composición química.....	42
4.6 Mecanismo de adhesión.....	43
4.6.1 Factores.....	44
4.6.1.1 Barro dentinario o smear layer.....	44
4.6.1.2 Capa híbrida	45
4.6.1.3 Hidrólisis.....	45
4.6.2 Técnica de grabado y enjuague.....	46
4.6.2.1 Esmalte.....	46
4.6.2.2 Dentina.....	48
4.6.3 Técnica de autograbado.....	52
4.6.3.1 Esmalte.....	55
4.6.3.2 Dentina.....	57
5. Marcas comerciales	59
5.1 Composición específica.....	59
5.2 Indicaciones del fabricante y presentación.....	60
5.3 Eficacia en esmalte.....	61
5.4 Eficacia en dentina.....	62
5.5 Evaluación de la interface dentina-adhesivo.....	63
5.6 Valores de resistencia de unión.....	65
6. Sellado Dentinario Inmediato	65
6.1 Definición.....	65
6.2 Consideraciones.....	66
6.3 Técnica adhesiva.....	68
7. Hipersensibilidad postoperatoria	70
7.1 Definición.....	70
7.2 Etiología.....	70
7.3 Teoría hidrodinámica de Bränstrom.....	71
8. Conclusión	72
9. Referencias	73

Introducción

Actualmente, los avances en odontología, como el desarrollo de los sistemas adhesivos convencionales y de autograbado, permitieron que los tratamientos restauradores que anteriormente dependían de la retención mecánica, pudieran ser reemplazados por restauraciones mínimamente invasivas, teniendo una mayor preservación y manejo del tejido dental durante su rehabilitación.¹

Hoy en día, como última generación existen los llamados sistemas adhesivos universales, que han reducido el número de pasos clínicos y que pueden ser utilizados no solo para su aplicación en la dentina y el esmalte, también como imprimadores adhesivos en las restauraciones de zirconio, metales nobles, no preciosos, compuestos y varias cerámicas a base de sílice.²

Por otra parte, para autores, como Venâncio et al., el éxito clínico de un diente restaurado, dependerá del sellado entre los bordes de este y el material restaurador, así como de la formación de la llamada la capa híbrida. Por lo tanto, un sistema adhesivo que proporcione buena resistencia de unión, es esencial para el éxito y la longevidad de una restauración.³

La presente revisión, nos indica la importancia de conocer la composición de la estructura dentaria para entender los mecanismos de adhesión en cada uno de los tejidos que se verán involucrados en el proceso, pues la parte mineralizada del diente es una estructura compleja conformada distintamente.

Esto nos llevará a comprender que el proceso de unión al esmalte se lleva a cabo de distinta manera que en la dentina. Pues por un lado, el esmalte está compuesto de una estructura cristalina sólida, dura y rígida. Por otro, la dentina de materia orgánica, en mayor parte, y presencia de líquido dentro los túbulos dentinarios, que a su vez, con la profundidad, varían en grosor y número.⁴

Así mismo, esta investigación será de utilidad para distinguir también la interacción e influencia que tiene cada técnica de acondicionamiento sobre la estructura dentaria, teniendo conocimiento que existen tres: la de grabado total, grabado selectivo y la de autograbado, así como, que cada una de ellas ofrece distintos resultados según la profundidad de desmineralización alcanzada.

Por lo anterior, Pashley y cols., sugieren que sellar la dentina con un agente adhesivo inmediatamente después de su preparación, reduce la permeabilidad, tanto a corto como a largo plazo. Esta técnica es conocida como sellado dentinario inmediato e influye en la adaptación marginal e interna de la restauración, reduciendo la posibilidad de padecer hipersensibilidad postoperatoria a futuro.⁵

Objetivo

Describir la evolución y simplificación de los sistemas adhesivos con el paso de los años, sus principales ventajas y desventajas, así como la importancia en el acondicionamiento de las superficies dentarias, para lograr una adhesión satisfactoria, funcionalidad y restauraciones eficientes a largo plazo.

1. Estructura Dentaria

1.1 Esmalte

1.1.1 Origen embriológico

La formación del diente es un proceso continuo que se da aproximadamente a partir de la sexta semana de vida intrauterina. Se caracteriza por los estadios de yema, casquete, campana y terminal e inicia cuando el epitelio de la cavidad bucal primitiva, que se origina del ectodermo, comienza a multiplicarse y se engrosa, formando así las láminas dentales.^{6,7}

En la séptima semana, la lámina dental se invagina en el mesénquima de la cresta neural para formar la yema dental y dar inicio al primer estadio. Consiste en un crecimiento redondeado, localizado, de células ectodérmicas rodeadas por células mesenquimatosas en proliferación. Se conforman 10 yemas en cada lámina, que será la dentición temporal y que antecede la permanente. La yema dental queda conectada al epitelio por la lámina dental.^{6,7} (Figura 1, 2)

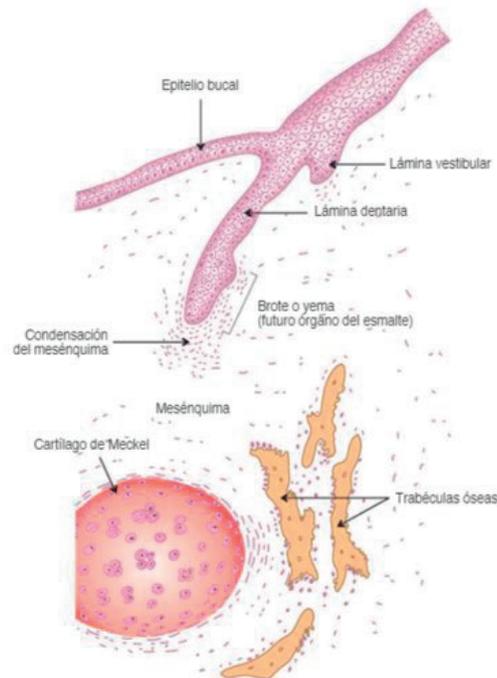


Fig. 1 Estadio de yema o brote.⁸

Entre la octava y novena semana de vida intrauterina, a medida que la yema epitelial aumenta de tamaño genera una superficie cóncava, que inicia el estadio de casquete. Las células ectodérmicas se transforman después en el órgano del esmalte y permanecen unidas a la lámina. El tejido que rodea estas dos estructuras es el folículo dental.^{6,7} (Figura 1, 2)

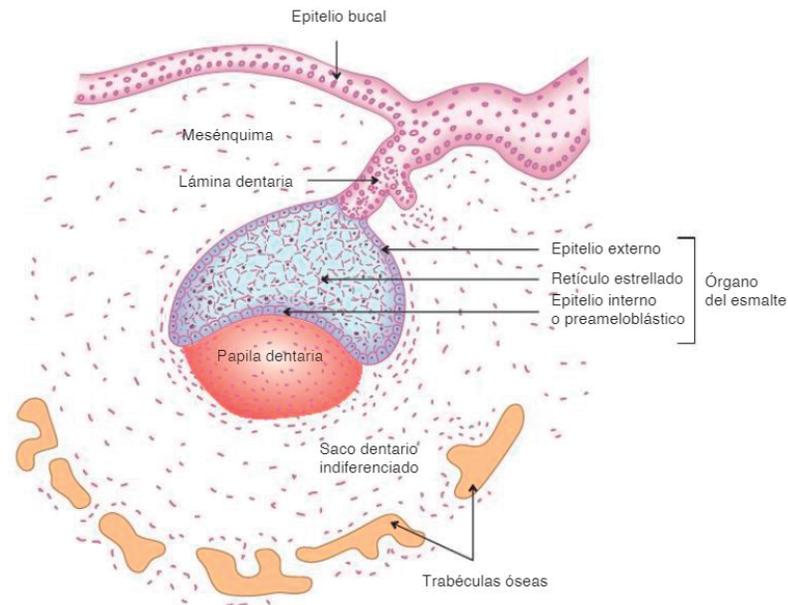


Fig. 2 Estadio de casquete final.⁸

En la décima semana, después del crecimiento ulterior de la papila y del órgano del esmalte, el diente alcanza el estadio de morfodiferenciación e histodiferenciación, también denominado estadio de campana. En este, las células del epitelio interno del esmalte se caracterizan por la forma del diente que originan y este se encuentra alojando a la papila dental.^{6,7}

En esta misma etapa, en la lámina dental que une al órgano del esmalte con el epitelio de la cavidad bucal, comienza a formarse la yema o esbozo del diente permanente. La lámina dental desaparece posteriormente y el diente permanente continúa su desarrollo.⁷

En esta etapa el germen dentario ya está formado por:

- Órgano del esmalte: constituido por un epitelio externo que es cúbico simple, uno interno, que es cilíndrico bajo simple y entre ambos, se localiza el retículo estrellado, formado por células con prolongaciones celulares que unen las células unas con otras. La función de las células del epitelio externo del esmalte es organizar una red capilar que nutrirá los ameloblastos.^{6,7} (Figura 2)
- Papila dental: formada por un mesénquima condensado. Está situada en la concavidad del órgano del esmalte.⁷
- Saco dental: conformado por un mesénquima que rodea al órgano del esmalte y a la papila dental.⁷ (Figura 3)

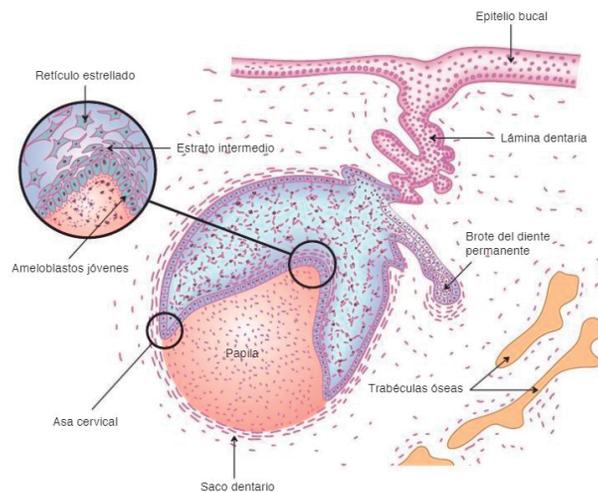


Fig. 3 Estadio de campana.⁸

A las 18 semanas en las futuras cúspides empieza la formación del esmalte sobre las capas de dentina. Los ameloblastos, inducidos por los odontoblastos, comienzan a secretar el esmalte. El crecimiento oposicional del esmalte y la dentina ocurre por el depósito de capas sucesivas de una forma regular y rítmica, alternándose periodos de actividad y reposo.⁷

1.1.2 Características histológicas

Esmalte prismático o varillar

La unidad estructural básica del esmalte (UEBE), es una estructura compuesta por cristales de hidroxapatita. Son estructuras longitudinales de 6 μm de espesor en promedio, que se dirigen desde la conexión amelodentinaria hasta la superficie del esmalte.⁸

En relación con su longitud es mayor que el propio espesor del esmalte, pues el curso de los prismas o varillas es sinuoso. El diámetro varía entre 4-10 μm ; es menor en su punto de origen y aumenta gradualmente a medida que se acerca a la superficie libre. El número de prismas o varillas varía en relación con el tamaño de la corona y parece estar entre 5 y 12 millones.⁸

Dentro de esta estructura, se distinguen dos regiones, la cabeza o cuerpo en forma de cúpula esférica y la cola con terminación irregular. La cabeza corresponde a la región más ancha. La región de la cola es la más delgada y está situada debajo de la cabeza. La distancia entre la parte media del borde convexo de la cabeza y la cola es de 9 μm de longitud.⁸ (Figura 4, 5)

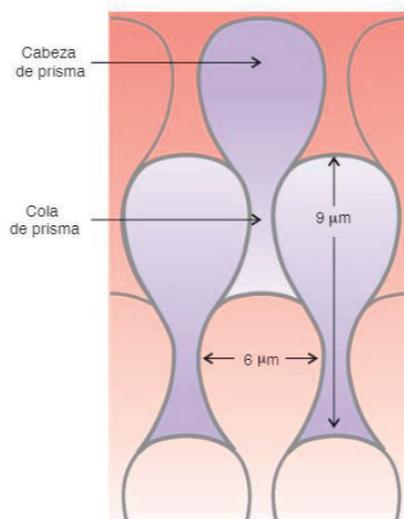


Fig. 4 Unidad estructural histológica del esmalte.⁸

Son estructuras que se encuentran estrechamente asociadas unas con otras; en este sentido, las cabezas (sección ovoide) se encuentran siempre ubicadas entre las colas de las UEBE suprayacentes y las colas de cada una de estas entre las cabezas de las UEBE subyacentes. Este sistema de engranaje confiere mayor resistencia al esmalte, pues la cabeza soporta los choques de las fuerzas masticatorias, mientras que las colas las distribuyen y disipan. ⁸ (Figura 4, 5)

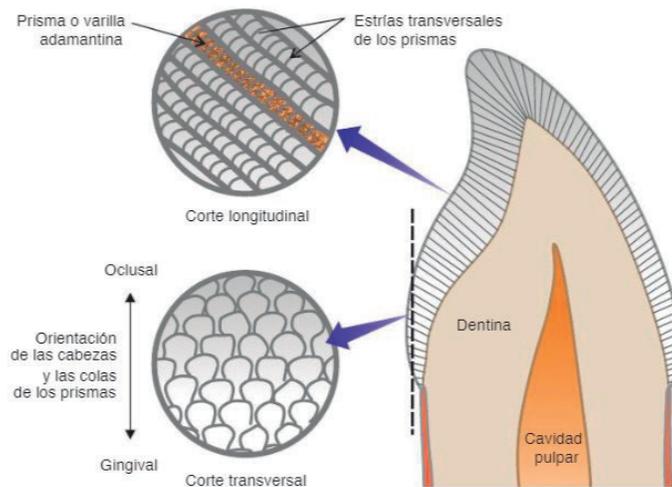


Fig. 5 Disposición y recorrido de los prismas. ⁸

1.1.3 Composición química

Está constituido químicamente por una matriz orgánica (1%), una matriz inorgánica (96%) y agua (3%). Cubre a la dentina en su porción coronaria y ofrece protección al complejo dentino pulpar. ⁹

En su matriz orgánica, el componente más importante es de naturaleza proteica y constituye un sistema complejo de multiagregados polipeptídicos que no han sido caracterizados en forma definitiva. Su matriz inorgánica está constituida por sales minerales cálcicas, básicamente de fosfato y carbonato. Dichas sales, se depositan en la matriz del esmalte, lo que da origen rápidamente a un proceso de cristalización que transforma la masa mineral en cristales de hidroxiapatita. ⁸

1.1.4 Propiedades físicas

1.1.4.1 Permeabilidad

Es escasa, aunque puede actuar como una membrana semipermeable, permitiendo la difusión de agua y algunos iones presentes en el medio bucal. Se ha sugerido que existen vías submicroscópicas de transporte molecular; el agua actuaría como transportador de iones en la matriz adamantina.⁸

1.1.4.2 Elasticidad

Es muy escasa, debido a su extrema dureza, pues la cantidad de agua y sustancia orgánica que posee es muy reducida. Por ello, es un tejido frágil con tendencia a macro y microfracturas cuando no tiene un apoyo dentinario normal, que es el que le aporta la elasticidad y le permite realizar pequeños movimientos sobre ella sin fracturarse.⁸

Los valores medios del módulo elástico de Young, que es la capacidad elástica de un material o deformación que sufre al incidir una fuerza sobre él, son de 87.5 ± 2.2 Gpa.⁸

1.2 Dentina

1.2.1 Origen embriológico

Desde la décima hasta la décimo octava semana de vida intrauterina, del epitelio externo del esmalte los nutrientes se filtrarán a través del retículo estrellado hacia los ameloblastos. Durante el estadio de campana las células de la periferia de la papila dentaria se convierten en odontoblastos.⁶

Estas células se diferencian a partir de células ectomesenquimatosas. Después de que los odontoblastos se alargan, pasan a ser cilíndricos, se polarizan y forman una matriz extracelular de un 90% de fibras de colágeno tipo I y un 10% de proteínas no colágenas, denominada predentina.⁶ (Figura 6)

La mineralización del tejido, se da después de 24 horas mediante un aumento de la densidad mineral de la dentina. A medida que se forma diariamente un incremento de predentina a lo largo del límite pulpar, el incremento periférico adyacente formado el día anterior se calcifica y se convierte en dentina. ⁶

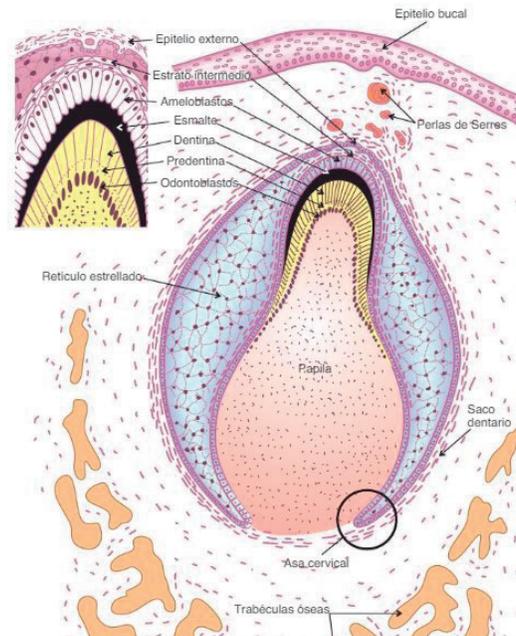


Fig. 6 Estadio terminal. ⁸

Las células precursoras, odontoblastos y ameloblastos, establecen una relación posicional mediante efectores y receptores situados en la superficie celular. Primero se diferencia el ameloblasto, lo que provoca que el odontoblasto precursor se localice adyacente a éste. Más tarde se diferencia el odontoblasto, estableciendo con el ameloblasto una membrana basal que posteriormente forma una matriz dentinaria. ⁶

El sitio de formación inicial son los vértices de las cúspides y, a medida que se producen incrementos, más odontoblastos se activan a lo largo de la unión amelodentinaria. A medida que estos migran hacia la pulpa en desarrollo se forma una prolongación y se elonga, se forma un túbulo en la dentina, y la célula elabora y mantiene una matriz extracelular alrededor de este túbulo. ⁶

1.2.2 Características histológicas

1.2.2.1 Túbulos dentinarios

Son estructuras cilíndricas delgadas que se extienden por todo el espesor de la dentina, desde la pulpa hasta la unión amelodentinaria. Su longitud promedio oscila entre 1.5 y 2 mm. Su pared está formada por dentina peritubular y está constituida por una matriz mineralizada que ofrece una estructura y composición química característica. En cuanto al diámetro de los túbulos, se debe señalar que éstos son más anchos en la proximidad del tejido pulpar (teniendo un diámetro promedio de $4,25 \pm 0,45 \mu\text{m}$) y más estrechos en la zona periférica ($2,49 \pm 0,71 \mu\text{m}$). Estas variaciones morfológicas en la luz influyen en los cambios de presión en el interior de los túbulos.⁸ (Figura 7)

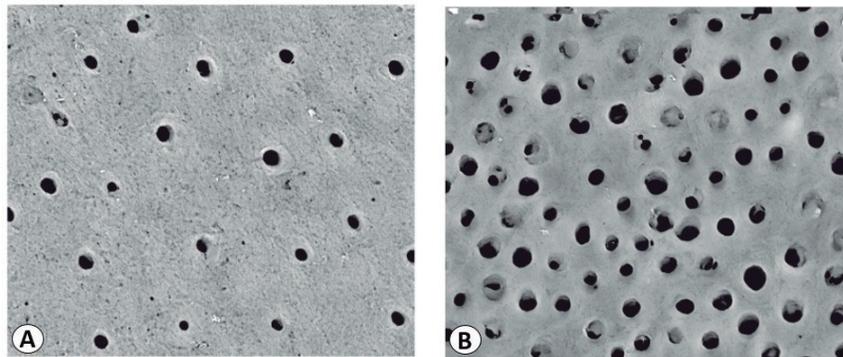


Fig. 7 A. Longitud de túbulos dentinarios en la región superficial de la dentina.
B. Longitud de túbulos dentinarios en la región profunda de la dentina.⁸

El interior de los túbulos está ocupado por la prolongación o proceso odontoblástico, aunque entre dicha prolongación y la pared del túbulo existe un espacio estrecho llamado periprocesal ocupado por un líquido tisular rico en sodio y pobre en potasio: el fluido dentinario. Es un infiltrado de plasma sanguíneo pulpar y su composición química es similar en albúminas y globulinas. Se difunde en forma bidireccional, utilizando la vía centrífuga para nutrir la periferia de la dentina y la centrípeta para conducir los estímulos o distintos elementos hacia la región pulpar.⁸

1.2.2.2 Dentina peritubular

Se le llama así al anillo o pared que rodea a los túbulos dentinarios y al proceso odontoblástico. Su formación ocurre cuando se termina de completar la mineralización de la dentina intertubular. Se deposita de forma centrípeta en relación con el túbulo, de manera lenta y gradual y con la edad puede llegar a obliterarlo parcial o totalmente. ⁸ (Figura 8)

Se caracteriza porque su materia orgánica está formada básicamente por sustancias no colágenas, como glucoproteínas, proteoglicanos, asociados a componentes fosforilados, como fosfoproteínas, fosfolípidos y glucolípidos. Es una dentina muy mineralizada, cuyos cristales de hidroxiapatita son ricos en carbonato, magnesio y fosfato cálcico amorfo. ⁸

1.2.2.3 Dentina intertubular

La matriz intertubular se distribuye entre las paredes de los túbulos dentinarios y su componente fundamental son las fibras de colágeno que constituyen una malla fibrilar, sobre la cual se depositan cristales de hidroxiapatita. Cumple con una función amortiguadora y de receptor y transductor de señales que estimulan y logran llevar, por medio del plexo nervioso subodontoblástico, toda la información a la pulpa dentaria. ⁸ (Figura 8)

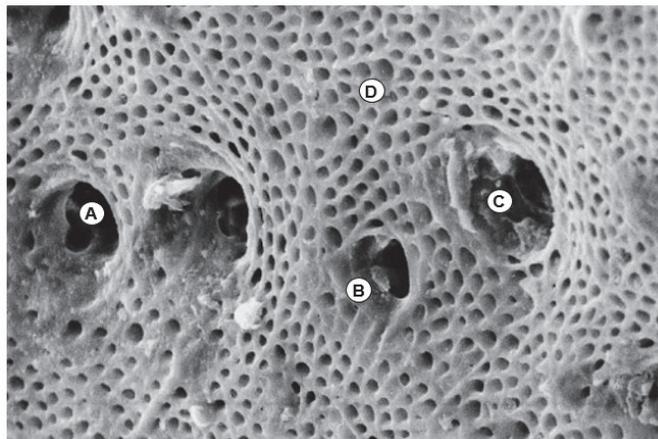


Fig. 8 Estructura dentinaria. Es posible observar al A. túbulo dentinario, B. proceso odontoblástico, C. dentina peritubular y la D. dentina intertubular. ⁸

1.2.3 Clasificación

1.2.3.1 De acuerdo a la histogenética

1.2.3.1.1 Primaria

Se considera así, debido a que es la que se deposita primero desde que comienzan las etapas de la dentinogénesis hasta que el diente entra en oclusión y contacta con su antagonista. Representa la mayor parte de la dentina y delimita la cámara pulpar de los dientes ya formados. Cuando el volumen del tejido pulpar disminuye como consecuencia de la formación de la dentina primaria, los odontoblastos modifican su distribución y se organizan en varios estratos de la zona coronaria.⁸ (Figura 9, 10)

1.2.3.1.2 Secundaria

Es la que se produce después que se ha formado completamente la raíz del diente. Se deposita más lentamente que la primaria, pero su producción continúa durante toda la vida del diente. También es conocida como dentina fisiológica. La distribución de los túbulos es ligeramente menos regular que en la primaria. El límite entre ambas se manifiesta por un cambio en la dirección de los túbulos dentinarios.⁸ (Figura 9,10)

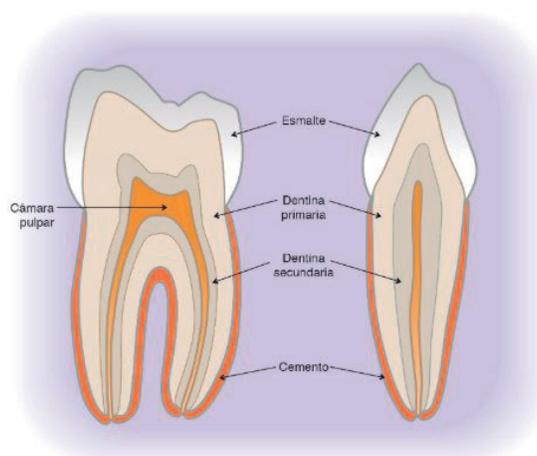


Fig. 9 Imagen representativa de dentina primaria y secundaria.⁸

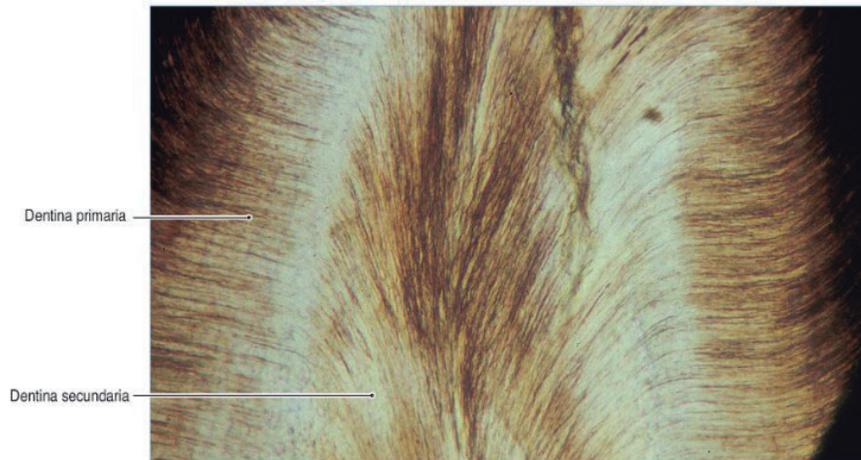


Fig. 10 Dentina primaria y secundaria. ⁸

1.2.3.1.3 Terciaria o reparativa

Es aquella que se forma más internamente, deformando la cámara pulpar, pero sólo en los sitios donde existe un estímulo localizado, de manera que es posible aislar la pulpa de la zona afectada. La dentina producida, está relacionada con la duración e intensidad del estímulo; cuanto más acentuados sean esos factores, más rápida e irregular será su aposición, siendo posible hablar de 3.5 μm diarios. ⁸ (Figura 11)

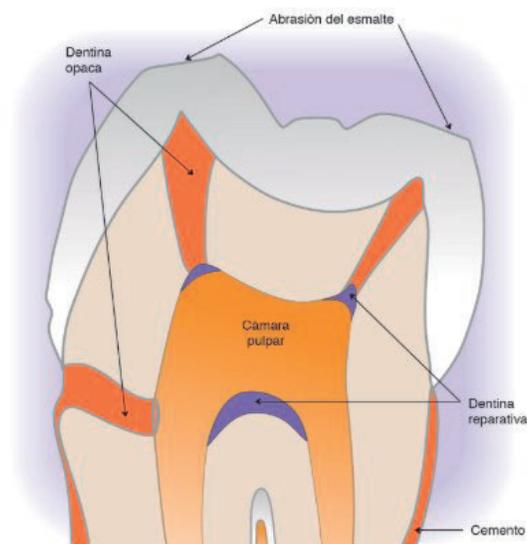


Fig. 11 Dentina terciaria. ⁸

1.2.4 Composición química

Su composición química es de aproximadamente 70% materia inorgánica (principalmente cristales de hidroxiapatita), 18% de materia orgánica (principalmente fibras de colágena) y 12% agua. La matriz orgánica está constituida por varios componentes.⁹

El colágeno, que se sintetiza en el odontoblasto, representa el 90% de la matriz. El tipo I y I trímero representan el 98% del total y el tipo III y V, el 1-2% y el 1% respectivamente. El 10% del total está constituido por proteínas no colágenas. La matriz inorgánica está compuesta por cristales de hidroxiapatita, químicamente similares a los del esmalte, cemento y hueso. Por su tamaño se diferencian de los grandes cristales del esmalte, dado que los cristales de dentina son pequeños y delgados.⁸

1.2.5 Propiedades físicas

1.2.5.1 Permeabilidad

La dentina tiene mayor permeabilidad que el esmalte debido a la presencia de túbulos dentinarios, que permiten el paso a distintos elementos o solutos que la atraviesan con relativa facilidad. Existen dos mecanismos de transporte a través de los túbulos: por difusión o por presión de los fluidos intersticiales de la pulpa. El movimiento del fluido a través de los túbulos es tanto centrífugo (desde la pulpa) como centrípeto (desde la CAD).⁸

1.2.5.2 Elasticidad

La elasticidad de la dentina es de suma importancia funcional, ya que permite compensar la rigidez del esmalte, amortiguando los impactos masticatorios. Varía en función del porcentaje de sustancia orgánica y agua que contiene. Sus valores medios del módulo elástico de Young oscilan entre 15-25 Gpa.⁸

1.3 Tejido pulpar

1.3.1 Origen embriológico

Tiene su origen en la papila dentaria, que se caracteriza por células densamente agrupadas. Se cree que las células de la papila son importantes en la inducción posterior del esbozo del órgano del esmalte en los estadios de casquete y campana. Esta densidad celular se mantiene a medida que el órgano del esmalte crece.⁶ (Figura 2, 3)

En la papila dentaria pronto aparecen vasos sanguíneos, inicialmente en la región central junto con fibras nerviosas simpáticas posganglionares asociadas con estos vasos que aportan nutrientes a este órgano de rápido crecimiento. A medida que crece la papila, en la periferia del área también se observan vasos más pequeños, que aportan nutrientes a los odontoblastos en elongación. Finalmente, por cambios celulares provocan la formación de tejido mineralizado alrededor de la papila central.⁶

1.3.2 Composición estructural

Forma parte del complejo dentino-pulpar y es un tejido conectivo de la variedad laxa, ricamente vascularizado e innervado. Está formado por un 75% de agua y un 25% de materia orgánica, que está constituida por células y matriz extracelular representada por fibras y sustancia fundamental. Tiene la particularidad de ser el único tejido blando del diente.⁸ (Figura 12)



Fig. 12 Tejido pulpar.¹⁰

1.3.3 Características histológicas

La pulpa dentaria es una cavidad que reproduce la forma del diente, por lo que difiere según la anatomía del mismo. Histológicamente, comparten una población celular muy heterogénea, que varía de densidad según las distintas zonas de la misma. Dentro de las principales:

Odontoblastos

Son las células específicas del tejido pulpar; están situadas en su periferia y adyacentes a la dentina. Pertenecen tanto a la pulpa como a la dentina porque, si bien su cuerpo se localiza en la periferia pulpar, sus prolongaciones se alojan en los túbulos de la dentina. ⁸

Fibroblastos

Son las células principales y más abundantes del tejido conectivo pulpar, especialmente en la corona, donde forman la capa denominada rica en células. Secretan los precursores de las fibras colágenas, reticulares y elásticas, así como la sustancia fundamental de la pulpa. ⁸

Fibras colágenas

Las fibras de colágeno están constituidas por tipo I, que representa aproximadamente el 55% del colágeno pulpar. La distribución y proporción difiere según la región. La densidad y el diámetro aumentan con la edad. En la etapa embrionaria, su diámetro es de 10 μm . ⁸

Macrófagos

Su forma cambia según se encuentren fijos (histiocitos) o libres en el tejido conectivo. Al surgir un estímulo inflamatorio, los macrófagos residentes proliferan y se expanden. Su función es desempeñar un papel clave en la respuesta inflamatoria e inmune durante la pulpitis. ⁸

1.3.4 Inervación

Autónoma

Está constituida por fibras amielínicas tipo C simpáticas de 0.2 a 1 μm de diámetro. Los axones amielínicos provienen del ganglio cervical superior y llegan a la pulpa apical para dirigirse a la túnica muscular de las arteriolas. Estas fibras son de conducción lenta (0.5 a 2 m/s) e intervienen en el control del calibre arteriolar (función vasomotora).⁸

Sensitiva

Está constituida por fibras aferentes sensoriales del trigémino. Son fibras mielínicas del tipo A δ y A β y, así como amielínicas tipo C. Las fibras A son de conducción rápida (15-100 m/s) y responden a estímulos hidrodinámicos, táctiles, osmóticos o térmicos, transmitiendo la sensación de dolor agudo y localizado.⁸

1.3.5 Funciones

Inductora

El mecanismo inductor del complejo dentinopulpar se pone de manifiesto durante la amelogénesis, dado que es necesario el depósito de dentina para que se produzca la síntesis y depósito del esmalte.⁸

Formativa

Su principal objetivo es la formación de dentina. La capacidad dentinogenética se mantiene mientras exista la vitalidad del tejido pulpar. Los tipos de dentina dependerán del momento en el que se origine.⁸

Nutritiva

La pulpa nutre a 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.⁸

Sensitiva

Mediante los nervios sensitivos, la pulpa responde con dolor dentinario o pulpar frente a los diferentes estímulos o agresiones. En la sensibilidad de la pulpa y la dentina, no interesa la naturaleza del agente estimulante, puesto que la respuesta es siempre de tipo dolorosa. ⁸

Defensiva o reparadora

Forma dentina ante agresiones. Tiene dos líneas de defensa: 1) Formación de dentina peritubular, con estrechamiento de los conductos para impedir la penetración de microorganismos hacia la pulpa y 2) formación de dentina terciaria, reparadora o de irritación. ⁸

2. Adhesión

2.1 Definición

American Society for Testing and Materials en 1983, la definía como el contacto fenómeno mediante el cual dos superficies de igual o distinta naturaleza se mantienen unidas por fuerzas interfaciales, sean físicas, químicas o por interacción de ambas. En 2001 la RAE, la describe como la fuerza de atracción que mantiene unidas moléculas de distinta especie química. ¹² (Figura 13)

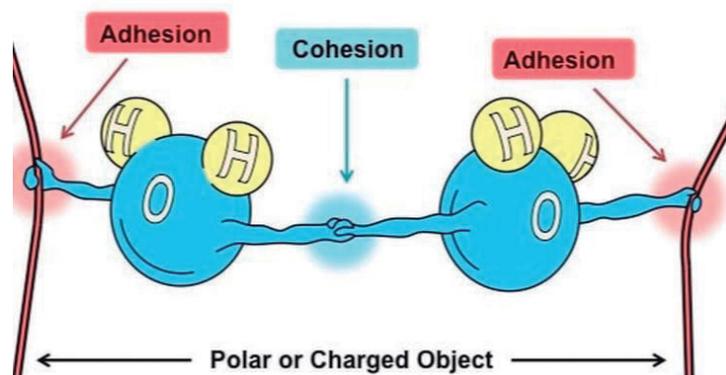


Fig. 13 Imagen representativa de la adhesión. ¹¹

En odontología, adhesión se refiere a unir a un sustrato sólido el biomaterial a aplicar, manifestándose como tal en la interfaz diente/restauración, es decir entre sus superficies o caras en contacto, en las cuales se deben producir fuerzas que las mantengan fijadas en forma permanente. ¹²

2.2 Tipos

2.2.1 Física

Se denomina así a la unión que se logra exclusivamente por traba mecánica entre las partes a unir. Se les clasifica en:

2.2.1.1 Macromecánica

Se da en las restauraciones que carecen de adhesividad a los tejidos dentarios. Ésta se logra mediante diseños cavitarios que aseguren una forma de retención o anclaje más allá de si la restauración es directa o indirecta. ¹²

2.2.1.2 Micromecánica

Se produce cuando la superficie a la que se busca adherir presenta irregularidades superficiales, a nivel microscópico, y el material que se colocará sobre ella es capaz de adaptarse o humectar la superficie mencionada, de modo que pueda penetrar en dichas irregularidades. ¹²

2.2.2 Química

Se logra por reacción química entre dos superficies de contacto. No sólo es capaz de fijar permanentemente la restauración al diente, sino que también puede sellar los túbulos dentinarios e impedir, en tanto se mantenga, la microfiltración y sus inconvenientes derivados. ¹²

2.2.2.1 *Enlace primarios*

Se refiere a uniones a nivel de átomos. Específicamente se producen entre los electrones que conforman la capa atómica más externa, vale decir con relación a sus electrones de valencia y son:

2.2.2.1.1 Enlace iónico

Se produce entre dos átomos de distinta naturaleza que se unen, transfiriendo uno de ellos sus electrones de valencia, que son captados por el o los otros átomos con los cuales conformará un compuesto molecular.¹²

2.2.2.1.2 Enlace covalente

Es el que permite que dos átomos, de igual o distinta naturaleza, se unan compartiendo sus electrones de valencia.¹²

2.2.2.1.3 Enlace metálico

Los átomos de los elementos de la parte izquierda de la tabla periódica tienen solo una pequeña cantidad de electrones de valencia. En ellos, se alcanza una estructura estable simplemente perdiendo estos electrones externos, y la consecuente formación de una nube de electrones libres, que se mueven al azar entre los átomos que la conforman.¹²

2.2.2.2 *Enlaces secundarios*

Son conocidos también como fuerzas de Van der Waals. Se producen como consecuencia de la formación de dipolos permanentes o transitorios.¹²

2.2.2.2.1 Puente de hidrógeno

Es una unión en la que siempre está involucrado el átomo de hidrogeno. Es producida por la atracción entre moléculas que tienen átomos altamente electronegativos.¹²

La molécula de agua es polar, ya que los electrones se encuentran más cercanos al núcleo del átomo de mayor masa, que de los átomos de hidrogeno de menor masa y con carga positiva. Ello da lugar a una interacción dipolo-dipolo entre los átomos de hidrogeno y oxígeno con las moléculas vecinas.¹²

3. Sistemas Adhesivos

3.1 Antecedentes

Michael Buonocore surge desde principios de 1950. En 1955, hizo público un artículo sobre el efecto del grabado del esmalte y fue considerado como un clásico. Llega al Eastman Dental Center como coordinador de investigación y director del área de materiales dentales con la muy clara idea de encontrar una medida que pudiera ayudar a reducir la incidencia de caries en los niños. Años más tarde logra exitosamente los selladores de foseas y fisuras.¹³ (Figura 14)



Fig. 14 Michael G. Buonocore¹³

Fueron varias las soluciones ácidas y a distintas concentraciones que pensó que podían ser adecuadas para el acondicionamiento de la superficie dental que decidió recurrir a soluciones de uso previo en la odontología, aunque no utilizados con la misma finalidad. Su elección consistió en ácido fosfórico en una concentración inicial del 85% durante un minuto.¹³

Entonces demostró que disminuyendo la concentración del ácido entre 37% y 50%, y el tiempo de grabado entre 20 y 30 segundos, se obtenía la misma topografía. La idea que rondaba en la mente de Buonocore era que las superficies oclusales de los dientes posteriores, presentaban muchas irregularidades e imperfecciones dentro de las zonas de fosetas y fisuras.¹³

Debido a esas variaciones en la anatomía y a que se encuentran llenas de detritus, película adquirida o placa bacteriana, decidió que tenían que ser removidas o acondicionadas para que la resina acrílica pudiera retenerse y tuvo la idea de únicamente lavar las caras oclusales con ácido para generar la limpieza y facilitar su humectación.¹³

Posteriormente descubrió que el ácido, además, generaba una superficie que era grabada, creando una gran cantidad de microporosidades y que no sólo eran más fácilmente humectadas por la resina acrílica, sino que una vez que la resina estaba endurecida, se adhería fuertemente a la superficie dental.¹³

Esta unión se podía lograr únicamente sobre la superficie del esmalte, pues a pesar de buscar múltiples intentos por realizar el mismo procedimiento en dentina, no se había logrado un resultado inicial satisfactorio.¹³

Actualmente el progreso de los materiales está enfocado hacia el mejoramiento de sus componentes, el funcionamiento del material y la simplificación de las técnicas en los procedimientos clínicos, con el propósito de alcanzar mejores resultados de aplicación en menor tiempo.¹⁵

Así mismo, es posible destacar que para lograr adhesión a estructuras dentarias, se pueden utilizar sistemas adhesivos con grabado ácido o actuando ellos mismos como agentes acondicionantes y adhesivos.¹⁵

3.2 Componentes

Para comprender la formación de la capa híbrida utilizando la técnica de grabado total y la técnica de autograbado, es necesario comprender los componentes de los sistemas de unión. ⁴

3.2.1 Grabador

El grabador utilizado es ácido fosfórico al 35-37%. Prepara el esmalte y la dentina para recibir la imprimación. Crea microporosidades de hasta 7.5 micras, lo que ayuda a crear la formación de la etiqueta de resina y, por lo tanto, da como resultado una unión micromecánica. ⁴

3.2.2 Primer

El *primer* o imprimador tiene como principal función transformar la superficie dentinaria hidrofílica en un sustrato hidrofóbico y poroso, con mayor energía superficial, para que el adhesivo sea atraído por la superficie dentinaria favoreciendo la humectabilidad, el escurrimiento y la penetración. ¹⁴

3.2.3 Bonding o adhesivo

El bonding o adhesivo, es un componente denso que deberá humectar y penetrar la red de colágeno expuesta, creando una unión mecánica y en menor grado químico, formando la capa híbrida, los tags y microtags, además de ofrecer enlaces dobles reactivos para la polimerización con la resina compuesta o cemento de resina. ¹⁴

3.2.4 Solventes

Los solventes incluyen acetona, etanol y agua. El solvente afecta la velocidad de evaporación en el recipiente contenedor y en la boca. La acetona se evapora rápidamente y requiere el menor tiempo de secado. El etanol se evapora más lentamente y requiere un tiempo de secado moderado. El agua se evapora muy lentamente y requiere el mayor tiempo de secado. ¹⁴

3.3 Clasificación

3.3.1 Por generaciones

El concepto de generación se utilizó debido a la complejidad de los agentes de unión y se refiere a cuándo y en qué orden fueron desarrollados. Los sistemas adhesivos han evolucionado de sistemas sin grabado a grabado total y de autograbado. Cada generación ha intentado minimizar el número de pasos de procedimiento, proporcionar técnicas de aplicación más rápidas y ofrecer una química mejorada para facilitar una unión más fuerte.^{16, 17}

3.3.1.1 Primera generación

Estos sistemas contenían dimetacrilato de glicerofosfato de monómero (GPDM) como ingrediente activo y tenía potencial de enlace iónico a la hidroxiapatita a través de su grupo funcional fosfato. Una investigación reciente, revela que esta interacción química de GPDM con sustratos basados en hidroxiapatita, es incapaz de formar un enlace químico estable.¹⁷

Uno de los primeros agentes adhesivos de dentina disponibles comercialmente se introdujo como Cervident (SS White), en la década de 1960. Sin embargo, estos primeros adhesivos presentaban fuerzas de unión muy bajas e inestables a la dentina, siendo de 2-3 MPa.¹⁷ (Figura 15)



Fig. 15 Cervident SS White™¹⁸

3.3.1.2 Segunda generación

La segunda generación de sistemas adhesivos se introdujo entre 1970 y 1979, buscando mejorar los agentes de unión utilizados en la anterior. En esta se utilizó una amplia gama de monómeros funcionales para promover la unión a los componentes orgánicos e inorgánicos del diente, el colágeno y calcio respectivamente. ^{16,17}

Productos como Clearfil Bond System F (Kuraray), que ya estaba disponible comercialmente en 1978, Bondlite (Kerr / Sybron), J&J VLC Dentin Bonding Agent (Johnson & Johnson Dental) y Scotchbond (3M Dental) contenían ésteres de fósforo derivados de metacrilato. ¹⁷ (Figura 16)

Estos adhesivos trataron insuficientemente la capa de smear layer. Se consideraba que el frotis de la superficie no interfería suficientemente con la interacción potencial de los monómeros, cuando en realidad se unían a la capa de frotis, que a su vez estaba demasiado débilmente unida a la dentina subyacente, siendo la fuerza de unión de 4-6 Mpa. ^{16,17}



Fig. 16 Clearfil Bond System-F. Disponible en 1978. ¹⁹

3.3.1.3 Tercera generación

La base de los adhesivos de tercera generación se estableció cuando en 1979, el grabado de dentina para eliminar la capa de frotis, ganó aceptación mundial y condujo a la comercialización del agente de unión japonés Clearfil New Bond (Kuraray) en 1984.^{16, 17} (Figura 17)

El proceso químico con ácido fosfórico fue seguido por la aplicación de un agente de unión de curado químico de dos componentes que ya contenía el monómero funcional 10-MDP. Aunque hoy en día, es uno de los monómeros funcionales más efectivos, anteriormente no se utilizó con la intención de interactuar químicamente con hidroxiapatita.¹⁷



Fig. 17 Clearfil New Bond de Kararay™, 1984.²⁰

3.3.1.4 Cuarta generación

Esta generación ya hace uso del grabado total, que se refiere al grabado simultáneo del esmalte y dentina durante un período de 15 a 20 segundos. Su evolución se dirige hacia sistemas de múltiples pasos que incluían el uso por separado de un acondicionador y un imprimidor antes de la aplicación de la resina adhesiva en un procedimiento de aplicación de tres pasos.¹⁶

La dentina, en contraste con el esmalte, requería estrategias específicas de pretratamiento. Estos adhesivos de múltiples pasos presentaron procedimientos de aplicación clínica más complicados y largos. La imprimación y la resina de unión penetran en la dentina intertubular grabada, produciendo una zona de interdifusión entre estas. Dependiendo del tipo de ácido, concentración y tiempo de aplicación, la dentina se desmineraliza hasta 7.5 μm , produciendo una fuerza de unión entre 17 y 30 MPa.^{16, 17} (Figura 18)



Fig. 18 Adper™ Scotchbond™ Multi-purpose.²¹

3.3.1.5 Quinta generación

Son adhesivos de grabado y enjuague que combinan la imprimación y el agente adhesivo en "una botella". Se caracterizaban por su facilidad de uso, sin embargo presentaban un rendimiento clínico más bajo. Aunque generalmente mejoró cuando se aplicaron en múltiples capas sucesivas.¹⁷

Otras de sus deficiencias importantes, son su menor contenido de resina junto con un mayor contenido de solvente, espesor de película adhesiva más delgada con menores efectos de absorción, menor resistencia mecánica, así como mayor hidrofilia y permeabilidad.¹⁷

No todos los adhesivos de quinta generación son compatibles con materiales duales y autocurados o con núcleo. El pH inferior de la capa inhibida por oxígeno, o los monómeros en algunos productos simplificados, son demasiado ácidos y, por lo tanto, desactivan la amina terciaria en los compuestos curados con productos químicos. La fuerza representativa de unión de la dentina es de 3 a 25 MPa.^{16, 17} (Figura 19)



Fig. 19 Prime & Bond. Adhesivo de 5^{ta} generación.²²

3.3.1.6 Sexta generación

Los sistemas de unión de sexta generación buscaron eliminar el paso de grabado, o incluirlo químicamente en uno de los otros pasos: imprimación ácida (autograbado primero + adhesivo), imprimación ácida aplicada primero al diente, seguido de adhesivo o (adhesivo autograbante). Se mezcla una gota de cada líquido y se aplica al diente. Se recomienda hacerlo inmediatamente antes de su uso.⁵ (Figura 20)

La mezcla de componentes de resina hidrofílica e hidrofóbica se aplica luego al sustrato dental. Evidentemente, estos sistemas de unión se caracterizan por la posibilidad de lograr una unión adecuada al esmalte y la dentina utilizando solo una solución.⁵

La mayor ventaja es que su eficacia parecía ser menos dependiente del estado de hidratación de la dentina que los sistemas de grabado total. Desafortunadamente, las primeras evaluaciones de estos nuevos sistemas mostraron un enlace eficiente con la dentina acondicionada, mientras que el enlace con el esmalte fue menos efectivo. ⁵

El grabado adicional de la dentina con ácido fosfórico podría crear una situación de "sobregabado" en la que la zona de desmineralización es demasiado profunda para que la imprimación colocada posteriormente penetre por completo. La literatura indica que se adherirán exitosamente a la dentina a 41 MPa y la unión al esmalte es al menos un 25% más débil que los adhesivos de cuarta y quinta generación. ⁴



Fig. 20 Clearfill Line Bond 2V. Adhesivo de 6^{ta} generación. ²³

3.3.1.7 Séptima generación

Se introdujeron a fines de 1999 y principios de 2005. El sistema de autograbado de séptima generación o de una botella representa la última simplificación de los sistemas adhesivos. Sus principales ventajas, eran evitar la secuencia de pasos y que las fuerzas de unión eran consistentes. Sin embargo, han demostrado tener las resistencias de unión iniciales y a largo plazo más bajas de cualquier adhesivo en el mercado actual. ⁴

Con estos sistemas, todos los componentes necesarios para la unión se presentan desde una sola botella. Esto simplifica enormemente el protocolo de unión, ya que la afirmación era que se podían lograr fuerzas de unión consistentes, mientras eliminaba por completo los errores que normalmente podrían ser realizados por el dentista o el asistente dental que tenía que mezclar los componentes separados con otros sistemas más complicados.⁴

Sin embargo, estos sistemas inherentemente ácidos tienden a estar compuestos por una cantidad significativa de agua en sus formulaciones y pueden ser propensos a la hidrólisis y la descomposición química. Además, una vez colocados y polimerizados, generalmente son más hidrófilos que los sistemas de autograbado de dos pasos; ésta condición los hace más propensos a la sorción de agua, limita la profundidad de la infiltración de resina en el diente y crea algunos huecos.⁴ (Figura 21)



Fig. 21 Xeno IV. Adhesivo de 7^{ma} generación.²⁴

3.3.2 Por el número de pasos

Actualmente, el desarrollo de nuevos sistemas adhesivos está ocurriendo a un ritmo sin precedentes, por ello actualmente también están disponibles acorde al número de pasos a realizar.⁴

3.3.2.1 *Sistemas de un paso*

Utiliza una sola botella que contiene una formulación que combina un *primer* autograbante y un agente adhesivo. Clínicamente, éste es el más fácil de usar, y generalmente se informa que las fuerzas de unión son aceptables, a pesar de la simplicidad de la operación de unión.⁴

3.3.2.2 *Sistemas de dos pasos*

La secuencia de pasos puede variar, la primera opción es realizar inicialmente el grabado, para después aplicar *primer* y bonding en un sólo recubrimiento. O bien, grabado y *primer* combinados, seguidos del bonding. Estos sistemas de unión de este tipo emplean sustancias en dos botellas y corresponden al orden en que se aplican.⁴

3.3.2.3 *Sistemas de tres pasos*

Estos sistemas de unión se suministran en tres envases por separado, involucrando grabado, *primer* y bonding respectivamente. Son los más complicados de usar en la clínica, pero resultan en la mayor fuerza de adhesión y mayor durabilidad.⁴

3.3.3 Por la forma de tratar la superficie adhesiva

Los sistemas adhesivos se pueden clasificar según su efecto en la capa de frotis (Brenna, 2012). La dentina preparada mecánicamente está cubierta por una capa de frotis débilmente unida y para una unión confiable entre la resina y la dentina; esta capa de frotis debe eliminarse o modificarse.¹⁶

3.3.3.1 *Eliminación del smear layer*

Los sistemas adhesivos que implican la técnica de grabado y enjuague pueden considerarse como sistemas de eliminación de la capa de frotis. Son sistemas de tres o dos pasos. Estos implican el grabado con ácido fosfórico de los sustratos dentales, seguido de un enjuague con agua para la eliminación completa del ácido.¹⁶

En el esmalte, el grabado ácido disuelve selectivamente los prismas, creando macro y micro porosidades, a la vez que expone la rugosidad de la superficie, en dentina tiene influencia a nivel de los túbulos dentinarios y la red de colágeno, que son fácilmente penetradas por agentes de unión, por atracción capilar.^{4,16} (Figura 22, 23)

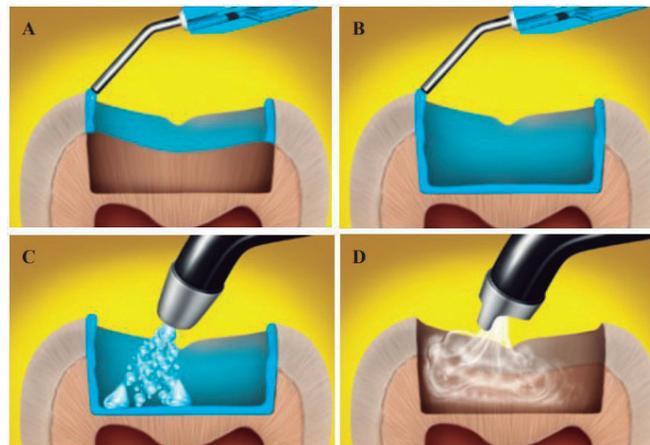


Fig. 22 Paso inicial. Grabado total.²⁵

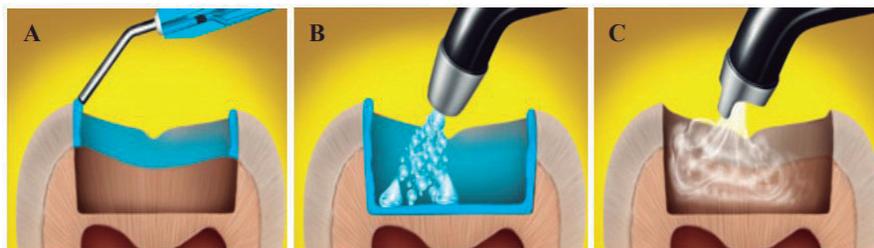


Fig. 23 Paso inicial. Grabado selectivo²⁵

3.3.3.2 Disolución del smear layer

Los sistemas adhesivos de autograbado pueden considerarse como sistemas de disolución de la capa de frotis. Estos sistemas incluyen sistemas de autograbado de dos pasos y sistemas “todo en uno” que no implican enjuague después de la aplicación. Estos no eliminan la capa de frotis completamente, sino que la disuelven por infiltración.¹⁶

Son compuestos de una imprimación con monómeros ácidos, que desmineralizan la superficie de los tejidos de una manera menos agresiva. Se introdujeron para controlar la sensibilidad a la humedad de la técnica de grabado y enjuague, así como para simplificar los procedimientos clínicos de aplicación del adhesivo, reduciendo el tiempo clínico.⁴

Éstos desmineralizan la dentina sólo superficialmente, dejando cristales de hidroxiapatita alrededor de las fibrillas de colágeno disponibles para una posible interacción química. Los sistemas adhesivos de autograbado también contienen monómero hidrófilo HEMA (2-hidroxietil-metacrilato), que debido a su bajo peso molecular actúa como codisolvente, minimizando la separación de fases y aumentando la miscibilidad de los componentes hidrófobos e hidrófilos en la solución y para aumentar la humectabilidad de la superficie de la dentina.⁴

Los adhesivos autograbadores se pueden clasificar de acuerdo con su capacidad de penetrar en el smear layer dentinal y en su profundidad de desmineralización dentro de la superficie dentinal la cual difiere en algunos cientos de nanómetros entre los diferentes tipos.²⁶

Dependiendo del pH y la profundidad de interacción con la dentina, los adhesivos de autograbado pueden clasificarse en:

Nombre	pH	Profundidad de interacción
Ultra Suaves	> 2.5	0.2–0.5 µm
Suaves	2	0.5–1 µm
Intermedio	1–2	1–2 µm
Fuerte	1	5 µm

Tabla 1. Clasificación de los sistemas adhesivos de autograbado por pH.²⁷

4. Sistemas Adhesivos Universales

4.1 Definición

Son los nuevos sistemas que se conocen como adhesivos "multimodo" o "multipropósito" porque pueden usarse como adhesivos de autograbado (SE), de grabado y enjuague (ER) o como adhesivos SE en dentina y ER adhesivos sobre el esmalte: una técnica conocida como grabado selectivo del esmalte. ²⁸

Es un sistema adhesivo de una sola botella y sin mezcla que funciona con cualquier estrategia de adhesión y se adhiere adecuadamente a la estructura del diente, así como a diferentes materiales restauradores directos e indirectos, como: resinas compuestas, cerámica de matriz de vidrio, zirconio y metales. ²⁵

4.2 Características

Hoy en día, la restauración adhesiva de los dientes de una manera confiable, predecible y duradera puede considerarse un hecho. Una simplificación adicional implica el desarrollo de materiales restauradores autoadhesivos que ya no necesitan una aplicación previa separada de un adhesivo.

A pesar de las similitudes entre los sistemas adhesivos, la composición del adhesivo universal difiere de los sistemas de autograbado actuales por la incorporación de monómeros que son capaces de producir una adhesión de enlace químico y micromecánico a los sustratos dentales. ¹⁶

En la unión dental complicada a la dentina como un tejido intrínsecamente húmedo, los materiales adheridos deben ser inicialmente hidrófilos para humedecer adecuadamente la dentina húmeda, mientras que idealmente deben transformarse, al polimerizar, a un estado hidrófobo para limitar la sorción de agua y evitar la degradación del enlace hidrolítico. ¹⁷

4.3 Ventajas	4.4 Desventajas
Proporciona la elección del protocolo de acondicionamiento.	No acondiciona el esmalte a la misma profundidad que el ácido fosfórico al 37%.
Algunos tienen silano, prescindiendo de la aplicación del mismo después de acondicionar la cerámica vítrea.	Incompatibilidad con resina o cementos de resina activados químicamente. Aunque dependerá del fabricante, ya que existe un cemento de resina dual que es compatible con el adhesivo universal de la propia marca.
Optimiza el tiempo clínico.	Baja resistencia de unión en esmalte.
Baja sensibilidad técnica.	Pueden provocar la degradación de la interfaz dentina-resina por hidrólisis.
Baja sensibilidad postoperatoria.	Se comportan como membranas permeables después de la polimerización, permitiendo que los fluidos pasen a través de la capa adhesiva.
	Resultan en la formación de vesículas de agua en la superficie, comprometiendo la durabilidad de la adhesión del esmalte.
	El agua presente en los adhesivos de un solo paso puede encapsularse cuando no se evapora, lo que resulta en nanoinfiltración.

Tabla 2. Principales ventajas y desventajas de los sistemas adhesivos universales.²

4.5 Composición química

Los adhesivos universales tienen una composición similar a la de los de sistemas de autograbado, en los que están presentes monómeros funcionales que se adhieren químicamente al calcio de la hidroxiapatita. Además, de que están compuestos por iniciadores, es posible agregar o modificar componentes en la formulación, de acuerdo con el fabricante.²

Los monómeros adhesivos son clasificados en monómeros de cadenas entrecruzadas y monómeros funcionales; estos se caracterizan por presentar al menos un grupo polimerizable y un grupo funcional que cumplen diferentes propósitos tales como humedecer o desmineralizar la superficie dentaria.²⁹

- **10-MDP:** es un monómero bifuncional con un grupo hidrofílico en el extremo (fosfato), que se une químicamente a los óxidos, con un potencial de interacción química con el calcio de la hidroxiapatita, y un extremo hidrofóbico (grupo vinilo), que polimeriza con monómeros de resina.²⁹
- **4-META:** en contacto con agua, es hidrolizado, quedando una molécula que tiene dos grupos carboxílicos que proporcionan hidrofilia y potencial desmineralizante, y un anillo aromático hidrofóbico que contrarresta la acidez y la hidrofilia promovida.³⁰
- **Copolímero Vitrebond:** es un copolímero de ácido polialquenoico que proporciona rendimiento adhesivo más consistente a la dentina bajo varios niveles de humedad, lo que genera valores de fuerza de unión más altos.²

Los ácidos polialquenoicos son los polímeros funcionales que hacen que los ionómeros de vidrio convencionales y modificados con resina sean autoadhesivos para el esmalte dental y la dentina, pues tienen abundantes grupos carboxilo que son capaces de unirse iónicamente al calcio en tantos sitios de hidroxiapatita sea posible.¹⁷

- **BisGMA:** molécula de dimetacrilato originada a partir de una resina epóxica y un metacrilato aromático. Es un monómero hidrófobo de alta viscosidad.²
- **HEMA:** es un monómero hidrófilo versátil de bajo peso molecular, que es particularmente capaz de infiltrar y "humedecer" sustrato de dentina. Es extremadamente soluble en agua, etanol y acetona y, por lo tanto, es fácil de incorporar en formulaciones adhesivas.²
- **PENTA:** su química no solo usa acetona para ahuyentar el agua, sino que contiene cinco grupos vinilo para la unión al material resinoso. Debido a esta ventaja estructural, puede resistir mejor la degradación de la unión.³¹
- **Agua:** es necesaria para la ionización de los monómeros funcionales, lo que les permite desmineralizar la capa de frotis para la infiltración de monómeros de resina, además de disminuir la viscosidad del adhesivo.²
- **Etanol o acetona:** mejoran la humectación y la infiltración de los monómeros de resina en los tejidos dentales y ayudan a eliminar el agua y la evaporación durante la etapa de secado con aire.²
- **Silano:** componente que tiene como objetivo permitir que el adhesivo se una químicamente a la superficie de la cerámica vítrea, sin el uso de una imprimación cerámica separada, simplificando el protocolo de cementación.²

4.6 Mecanismo de adhesión

El principio fundamental de la adhesión al sustrato dental se basa en un proceso mediante el cual el material inorgánico del diente se intercambia por resina sintética. Este proceso implica dos fases. La primera consiste en eliminar los fosfatos de calcio por los cuales se exponen las microporosidades en la superficie dentaria. La segunda, llamada fase de hibridación, implica infiltración y la posterior polimerización de la resina dentro de las microporosidades creadas.³²

Es entonces, la microrretención o el enclavamiento micromecánico, el mecanismo principal de unión a tejidos mineralizados como el esmalte y la dentina, y se puede lograr mediante trabas mecánicas obtenidas por el grabado y enjuague o autograbado de las superficies dentarias.¹⁷

4.6.1 Factores

4.6.1.1 Barrillo dentinario o Smear layer

Es la capa de detritus o desechos que se forma sobre la superficie dentinal una vez que el tejido es manipulado de manera manual o con instrumentos rotatorios. Como lo indican los estudios de Eldarrata y colaboradores, el espesor aproximado de dicha capa de barrillo dentinario es de 0,5 μm .³³

Se forma con componentes orgánicos en el diente, como hidroxapatita, saliva, y bacterias. El barrillo se compone de dos capas de carácter amorfo, una superficial y otra profunda, esta última puede extenderse hasta 110 μm dentro de los túbulos dentinales y se denomina smear plug.³³ (Figura 24)

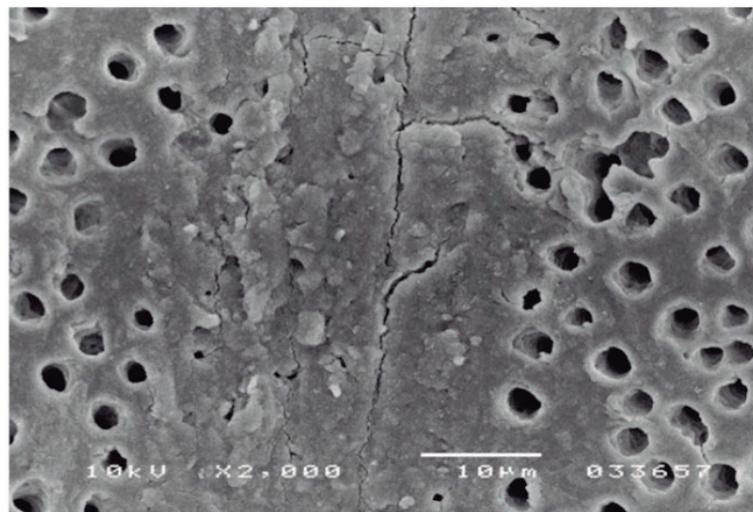


Fig. 24 Superficie dentinal cubierta de detritus.⁴

4.6.1.2 Capa híbrida

Enclavamiento descrito por primera vez por Nakabayashi, Kojima y Masuhara en 1982 y ocurre a través de la difusión de monómeros resinosos por las fibras colágenas de la matriz dentinaria. Sucede entonces, un entrecruzamiento a nivel molecular, entre el polímero biológico y el polímero artificial, generando un compuesto híbrido que es el principal mecanismo de unión entre el sustrato dentario y el material restaurador.^{26, 32} (Figura 25)



Fig. 25 Interfase de unión entre los tejidos dentarios y el material restaurador, al SEM.⁹

4.6.1.3 Hidrólisis

Este proceso químico ocurre por la absorción y adición de agua entre los ésteres de polímero que conducen a la pérdida de masa resinosa. Esto acontece por medio de canales de nano infiltración, favoreciendo la permeabilidad y el movimiento de agua dentro de la capa híbrida.³⁴

La estabilidad del sistema adhesivo frente a la hidrólisis es de suma importancia para la durabilidad de las restauraciones. El agua que impregna la matriz resinosa puede acumularse dentro de los defectos presentes en esta matriz, como burbujas de aire, promoviendo la hidrólisis y la liberación de los componentes de la interfaz, lo que lleva a su degradación.^{34, 35}

4.6.2 Técnica de grabado y enjuague

La capa de frotis formada después de la preparación del diente, ocupa los orificios de los túbulos de dentina, formando tapones de frotis y disminuye la permeabilidad de la dentina en un 86%. La eliminación de la capa de frotis y los tapones de frotis con soluciones ácidas, puede dar como resultado un aumento del flujo de líquido sobre la superficie expuesta de la dentina, lo que puede interferir con la adhesión.³²

4.6.2.1 Esmalte

Esta técnica sigue siendo el enfoque más efectivo para lograr una unión eficiente y estable, y requiere la disolución selectiva de cristales de hidroxiapatita a través del grabado ácido. El mecanismo principal de unión con este sistema puede describirse como enclavamiento micromecánico basado en difusión.³² (Figura 26)

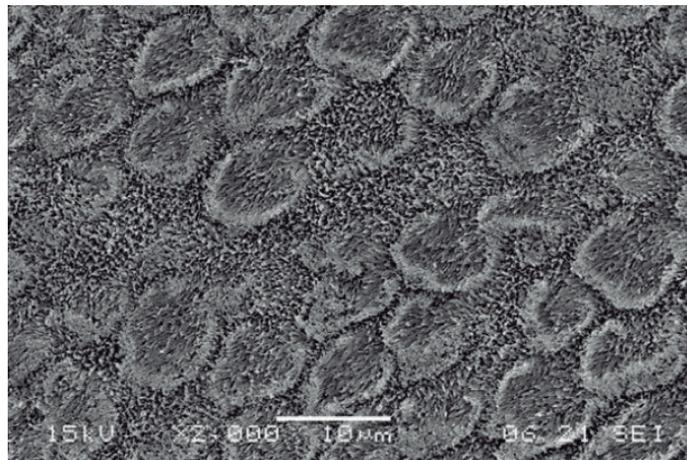


Fig. 26 Prismas del esmalte después de tratar la superficie con ácido fosfórico. Microscopio Electrónico de Barrido. Vista 2000x.³⁶

Existen dos tipos de etiquetas de resina que se entrelazan dentro de las fosas de grabado. Las macroetiquetas, que son las que llenan el espacio que rodea a los prismas del esmalte, mientras que numerosas microetiquetas, resultan de la infiltración de resina dentro de los pequeños socavados en los núcleos de los prismas de esmalte grabados.³² (Figura 27-30)



Fig. 27 Superficie del esmalte grabada de forma predisponente en el núcleo de los prismas.¹³

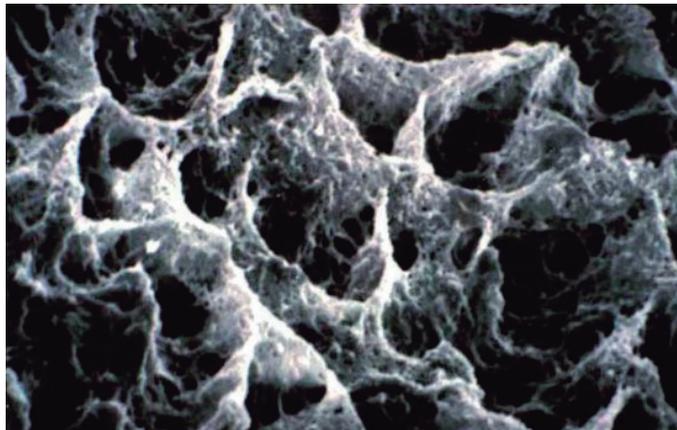


Fig.28 Superficie del esmalte grabada de forma predisponente en la periferia de los prismas.¹³

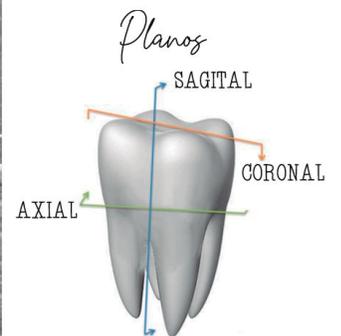
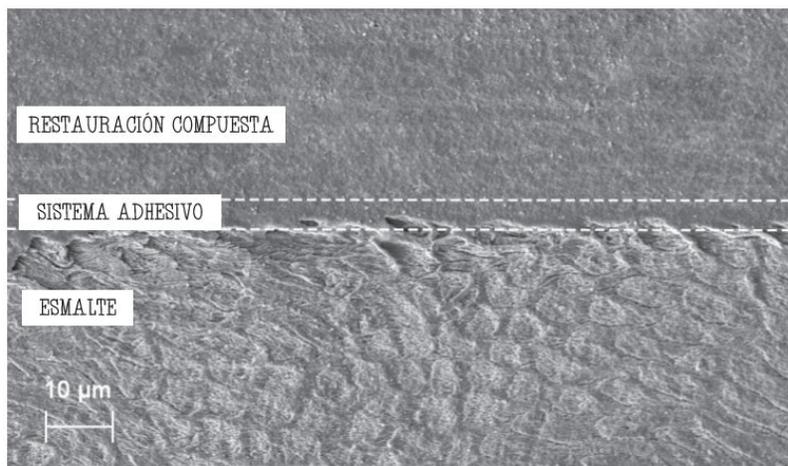


Fig. 29 Vista microscópica de la interface esmalte resina en un corte *axial* obtenido del análisis de interfaces del sistema adhesivo Single Bond™ Universal. Técnica convencional.³⁷

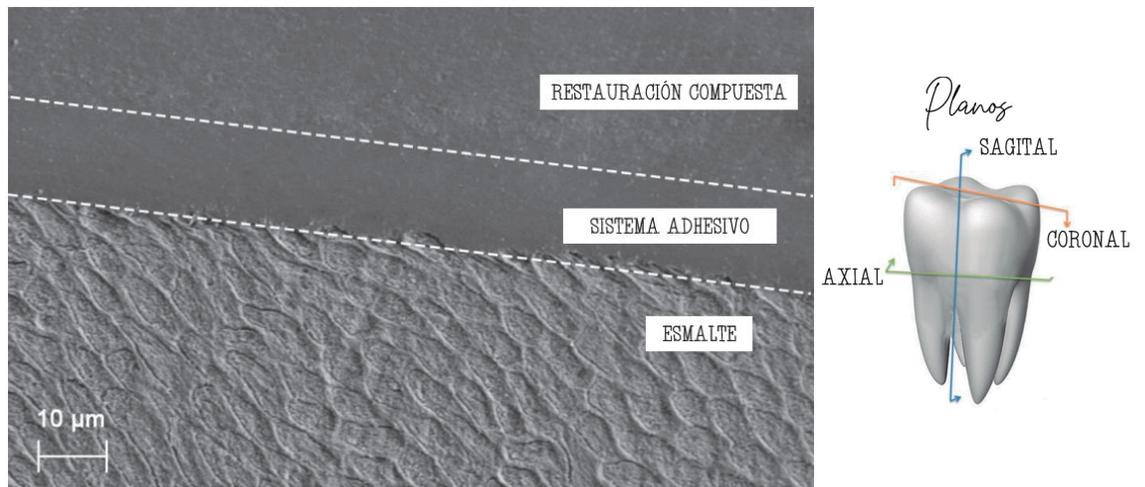


Fig. 30 Vista microscópica de la interface esmalte resina en un corte *sagital* obtenido del análisis de interfaces del sistema adhesivo Single Bond™ Universal. Técnica convencional.³⁷

4.6.2.2 Dentina

En la dentina, el tratamiento con ácido fosfórico al 37%, elimina la capa de frotis o barrillo dentinario, producida durante la preparación de la cavidad y simultáneamente produce una desmineralización profunda de 3-5 μm. Esto da como resultado fibrillas de colágeno expuestas que están casi completamente descubiertas de hidroxapatita y forman una red microrretentiva para el enclavamiento micromecánico de monómeros.³² (Figura 31, 32)



Fig. 31 Ilustración de la capa de barrillo dentinario, que a su vez, forma tapones en la entrada de los túbulos dentinarios.³⁹



Fig. 32 Ilustración del acondicionamiento de la dentina con ácido fosfórico al 37%. Se muestra interactuando con la capa de barrillo dentinario. ³⁹

El ácido fosfórico debe considerarse agresivo en la dentina, pues la profundidad de desmineralización resulta dependiente del tiempo. El grabado definitivamente debe limitarse a un máximo de 15 segundos para no sobregrabar. Cuanto más profunda se grabe la dentina, más difícil es que la resina se infiltre hasta la profundidad de la desmineralización. ¹⁷ (Figura 33)

Para lograr una unión efectiva y duradera, esta infiltración de resina en la filigrana de las fibras de colágeno expuestas debe ser lo más completa posible. La red de fibras de colágeno debe estar en un estado completamente expandido para facilitar la penetración de la resina. ³² (Figura 34, 35)

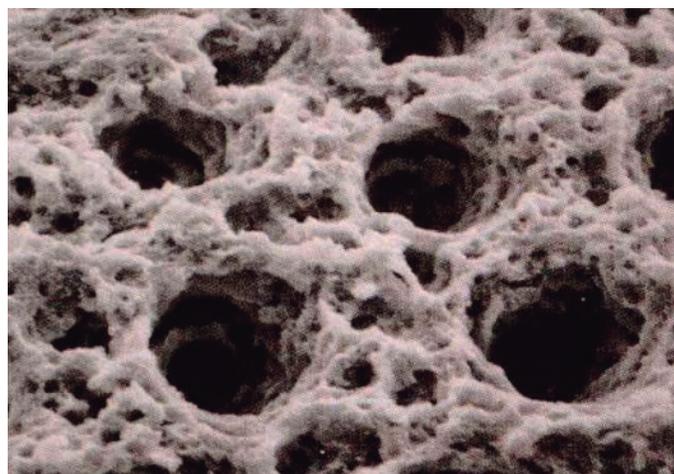


Fig. 33 Superficie de la dentina al SEM, antes de ser acondicionada con ácido fosfórico. ⁹

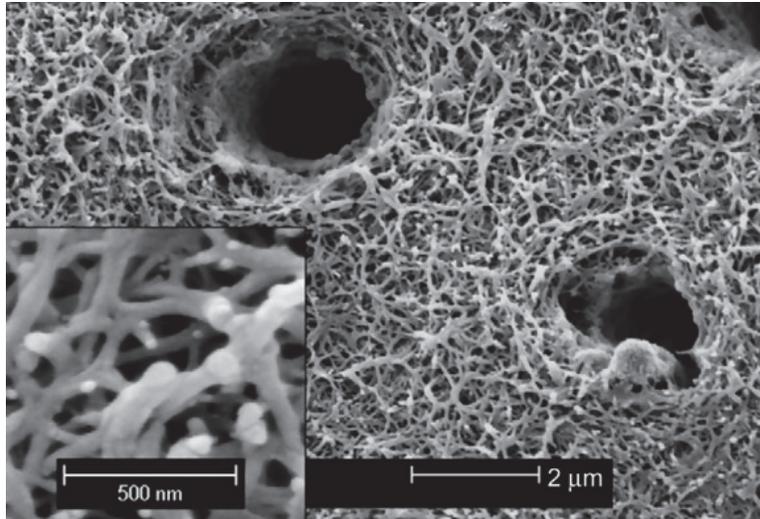


Fig. 34 Superficie de la dentina al SEM, tratada con ácido fosfórico al 37% durante 15 segundos. Ya es posible observar las fibras de colágeno expuestas.¹⁶

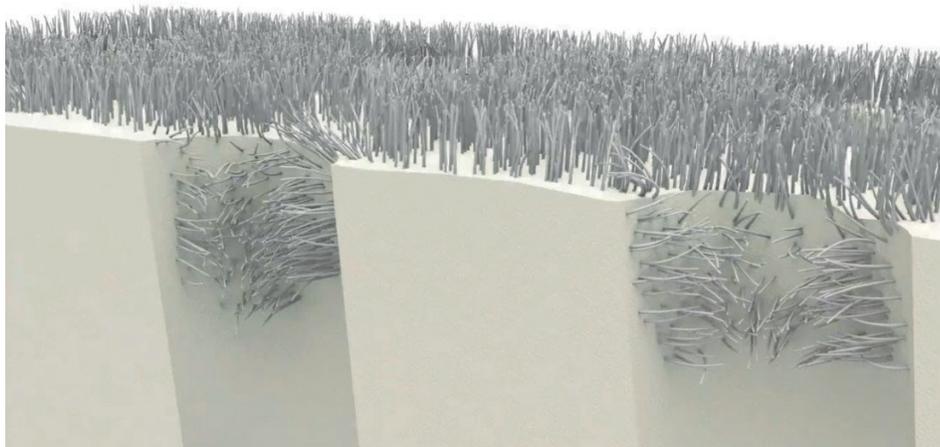


Fig. 35 Ilustración de las fibras de colágeno expuestas una vez que se realizó el acondicionamiento con ácido fosfórico al 37%.³⁹

La deshidratación de la superficie de dentina acondicionada con ácido a través del secado al aire puede causar que la red de colágeno expuesta se colapse, se encoja y forme una red que es impenetrable para el sistema adhesivo.³² (Figura 36)

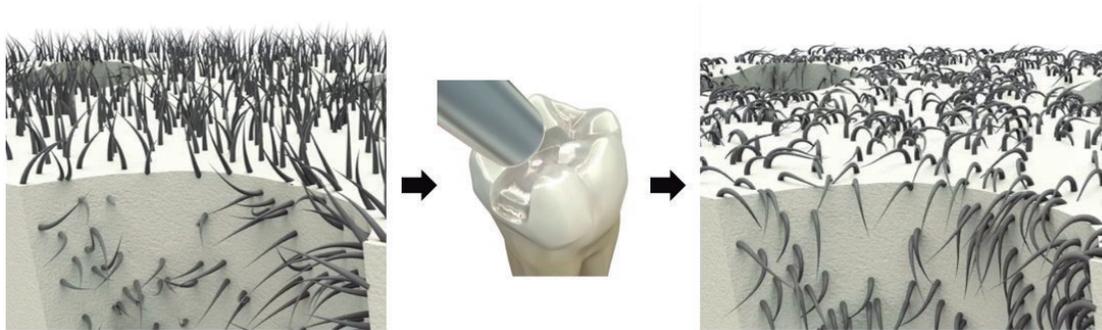


Fig. 36 Ilustración del colapso que se puede ocasionar en las fibras de colágeno desmineralizadas por desecamiento de la dentina.³⁹

Simultáneamente con la hibridación, las etiquetas de resina sellan los túbulos de dentina expuestos y ofrecen retención adicional a través de la hibridación de la pared del orificio del túbulo. Según Van Meerbeek et al., los cuellos de las etiquetas de resina en los 5-10 μm superiores de los orificios de los túbulos contribuyen más a la retención y la efectividad del sellado, mientras que la longitud real de las etiquetas puede considerarse de importancia secundaria.³²

(Figura 37)

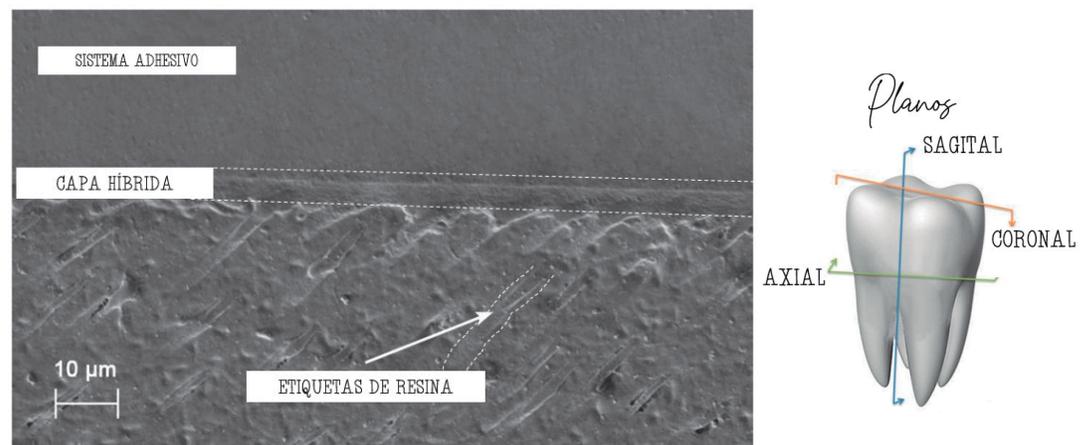


Fig. 37 Vista microscópica de la interface dentina resina en un corte *axial* obtenido del análisis de interfaces del sistema adhesivo Single Bond™ Universal. Técnica convencional.³⁷

4.6.3 Técnica de autograbado

Este enfoque alternativo utiliza monómeros funcionales ácidos que proporcionan microrretención a los tejidos mediante autograbado y, por lo tanto, la desmineralización parcial de la capa es superficial. Entre los diversos monómeros ácidos funcionales, el 10-MDP se une químicamente mediante enlaces iónicos al calcio de la hidroxiapatita, pero también graba y, por lo tanto, libera calcio sustancial del sustrato basado en hidroxiapatita.^{17, 26} (Figura 38)

La molécula del monómero 10-MDP consiste en un grupo fosfato versátil en un extremo, capaz de adherirse a los tejidos de los dientes y a una variedad de sustratos restauradores, y un grupo metacrilato en el otro extremo, capaz de adherirse a materiales y cementos restauradores a base de metacrilato.⁹



Fig. 38 Molécula de 10-MDP, donde el grupo metacrilato (amarillo) provee la polimerización, el espaciador (blanco) y el grupo funcional para enlace iónico y nano capas (rojo).^{9, 17}

Es importante destacar el concepto adhesión-descalcificación, que fue revisado desde hace casi 20 años e introducido por Yoshida et al y Yoshioka et al., en 2001. Define cómo las moléculas interactúan con el esmalte y dentina e implica una adhesión y una ruta de descalcificación. El punto clave es la formación de un enlace iónico estable al calcio dentro de HAp o, en otras palabras, la capacidad de la molécula para producir sales de monómero de calcio estables.¹⁷

La ruta de adhesión, es por la cual las moléculas se adhieren al tejido basado en hidroxiapatita, con solo un efecto de descalcificación limitado. La adhesión del anión obliga a los aniones fosfato e hidroxilo a abandonar la hidroxiapatita para mantener la interfaz neutral a los electrones. La desmineralización superficial menor es beneficiosa a la luz de proporcionar enclavamiento micromecánico.¹⁷ (Figura 39)

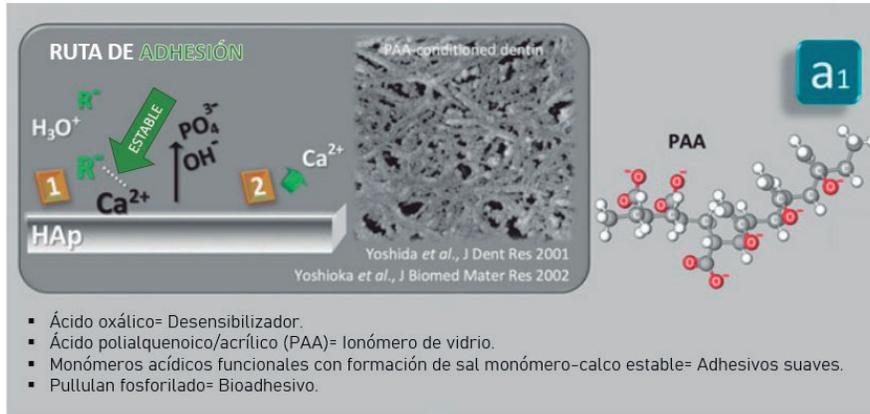


Fig. 39 Esquema del concepto de descalcificación de adhesión con la ruta de adhesión.¹⁷

La interacción química única de 10-MDP con HAp requirió diseñar una ruta de adhesión modificada. Entre los diversos monómeros ácidos funcionales, el 10-MDP se une iónicamente al calcio de hidroxiapatita. Dicha liberación de Ca hace que 10-MDP se autoensamble en nanocapas de 4 nm, un proceso impulsado por la formación estable de sal de 10-MDP-Ca.¹⁷ (Figura 40-42)

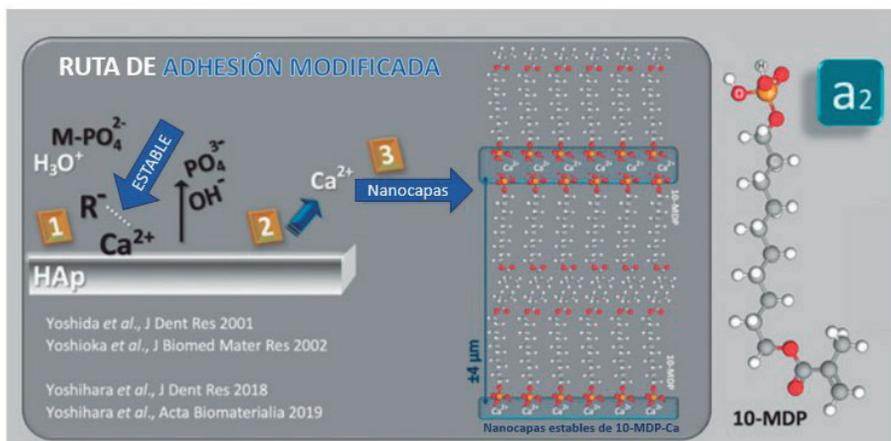


Fig. 40 Esquema del concepto de descalcificación con la ruta de adhesión modificada.¹⁷

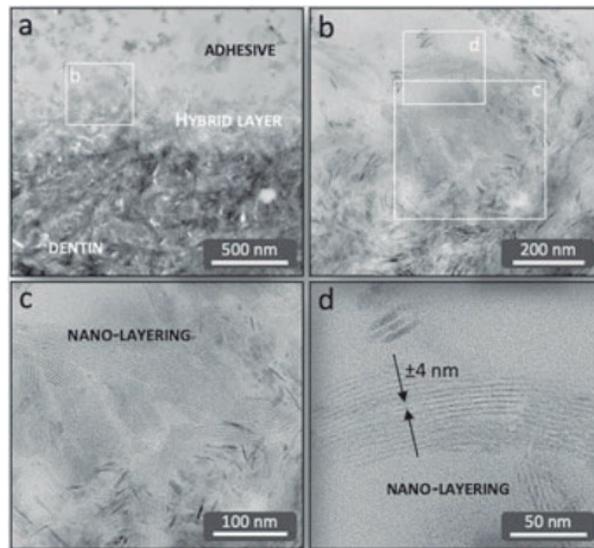


Fig. 41 Fotomicrografía del mecanismo de unión de un adhesivo de autograbado suave basado en 10-MDP, en microscopio electrónica de transmisión (TEM) de una interfaz adhesiva-dentina representativa a diferentes aumentos. ¹⁷

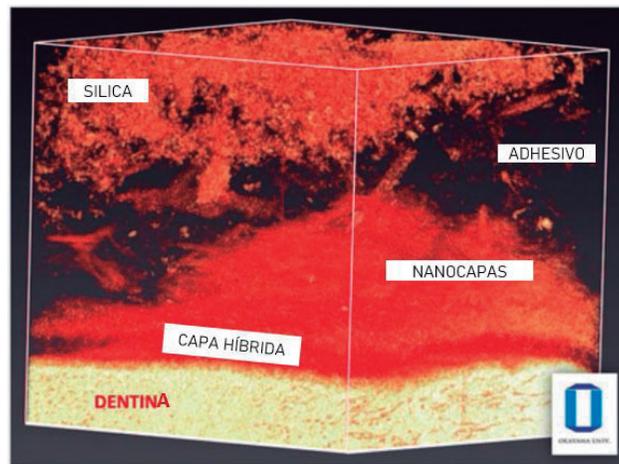


Fig. 42 Reconstrucción de microscopía electrónica de haz de iones / escaneo enfocada en pseudo-3D (FIB / SEM) de una interfaz adhesivo-dentina similar. ¹⁷

Se descubrió que las sales de 10-MDP-Ca hidrolíticamente estables consisten en CaRPO_4 , lo que significa que los dos grupos hidroxilo (OH) del grupo fosfato de 10-MDP reaccionaron iónicamente con Ca. Se espera que esta estructura estable contribuya a una nanocapa duradera de sales de 10-MDP-Ca en la capa híbrida y adhesiva y, mejore la longevidad clínica de la restauración. ¹⁷

Cuando el enlace iónico formado con el Ca de HAp no es estable, se sigue una ruta de descalcificación, como lo hacen el ácido acético y cítrico. No muy estable, la producción continua de ácido láctico por bacterias dará como resultado una descalcificación progresiva de la estructura dental, que junto con la degradación enzimática de la matriz dentinaria por MMP, a largo plazo causará un proceso carioso.¹⁷ (Figura 43)

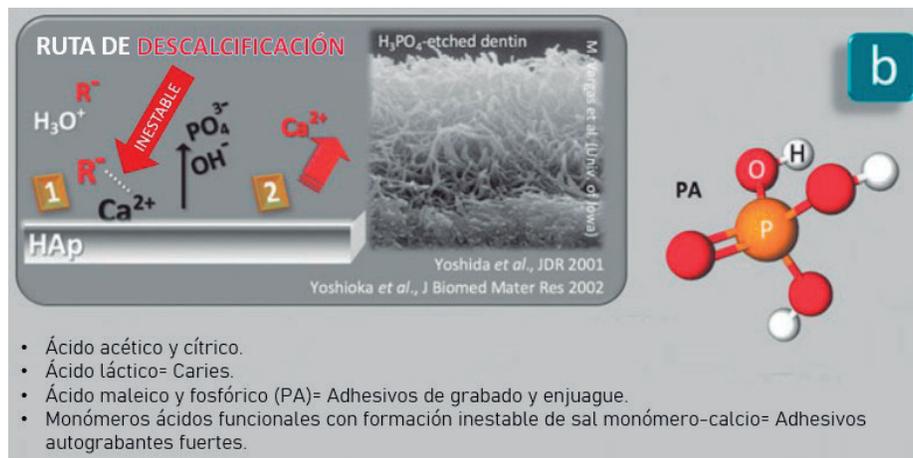


Fig. 43 Esquema del concepto descalcificación de adhesión con la ruta de descalcificación.¹⁷

Como la sal Ca del ácido fosfórico no es muy estable, este ácido es un grabador dental eficaz para un modo de unión de grabado y enjuague. Del mismo modo, el ácido maleico se ha utilizado en el pasado como grabador más suave que reemplaza al ácido fosfórico.¹⁷

4.6.3.1 Esmalte

Los adhesivos de autograbado utilizan monómeros ácidos para acondicionar la estructura dental en lugar del ácido fosfórico al 37%, sin embargo se cree que no producen el mismo grado de porosidad en la superficie del esmalte que el que se logra con el grabado con ácido fosfórico en la técnica convencional.³²

Dado que la unión del esmalte se basa principalmente en el enclavamiento micromecánico de una resina de baja viscosidad en las microporosidades, la extensión y la profundidad del patrón de grabado deberían influir lógicamente en el rendimiento de la unión de un adhesivo.³² (Figura 44, 45)



Fig. 44 Imágenes al SEM de la superficie del esmalte dental autograbada con el Adhesivo Single Bond™ Universal.⁴⁰

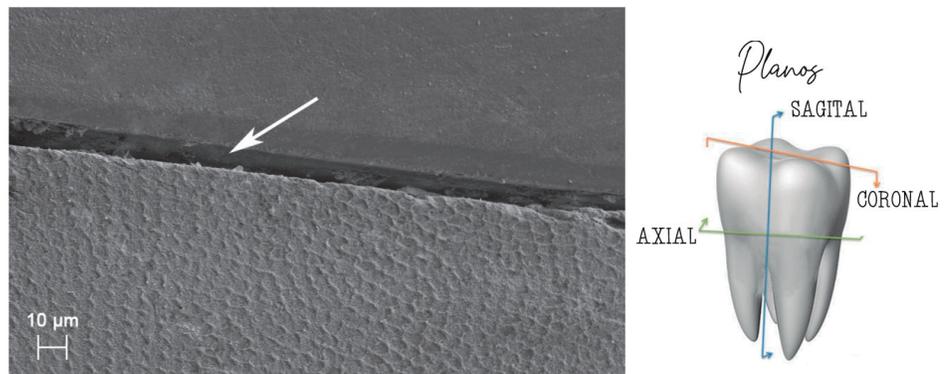


Fig. 45 Vista microscópica de la interface esmalte resina en un corte *axial* obtenido del análisis de interfaces del sistema adhesivo Single Bond™ Universal. Técnica de autograbado.³⁷

Una alternativa clínica para mejorar la eficacia de la unión en el esmalte, según Loguercio et al., es aplicar el adhesivo activamente. La aplicación activa mejora la interacción micromecánica de los adhesivos con el esmalte al llevar monómeros de resina a la superficie más profunda de este, mejorando su desmineralización.⁴¹

- Técnica de autograbado pasiva (PSE): el adhesivo solo se extiende sobre la superficie del esmalte y se deja sin perturbar durante el tiempo recomendado por cada fabricante.⁴¹
- Técnica de autograbado activa (ASE): el adhesivo se aplica activamente en la superficie del esmalte durante el tiempo recomendado para cada fabricante, es decir se frota sobre la superficie del esmalte bajo presión manual (equivalente a aproximadamente 35 g).⁴¹

4.6.3.2 Dentina

Los sistemas adhesivos de autograbado suaves interactúan solo superficialmente con la dentina, los cuales no solo no disuelven en su totalidad los cristales de hidroxiapatita, sino que los mantienen en su lugar, generando enlaces iónicos a partir de estos. La capa de barrillo dentinario participa en el proceso de adhesión, ayudando en la formación de capa híbrida.^{26, 37} (Figura 46)



Fig. 46 Ilustración del sistema adhesivo universal interactuando con el barrillo dentinario encontrado en la superficie.³⁹

Entonces la unión se basa en la hibridación, con la diferencia de que solo se forman capas híbridas submicrométricas y la formación de etiquetas de resina es menos pronunciada. En este sentido se manifiesta una de las grandes ventajas del adhesivo de autograbado, que al no presentar prolongaciones tan profundas causa menos irritación y patologías a la pulpa dental.^{26, 38}

Por el contrario, los sistemas adhesivos de autograbado fuerte, tienen efectos de desmineralización en dentina, casi igual que en la técnica de grabado y enjuague, con la diferencia que los fosfatos de calcio disueltos no son lavados.^{17, 26}

Dentro de la capa híbrida submicrométrica de los sistemas de autograbado suave, las fibrillas de colágeno no están completamente privadas de hidroxiapatita (en contraste con los adhesivos de grabado y enjuague), dejando la hidroxiapatita residual todavía unida al colágeno, que puede servir como un receptor para la unión química adicional.³² (Figura 47)

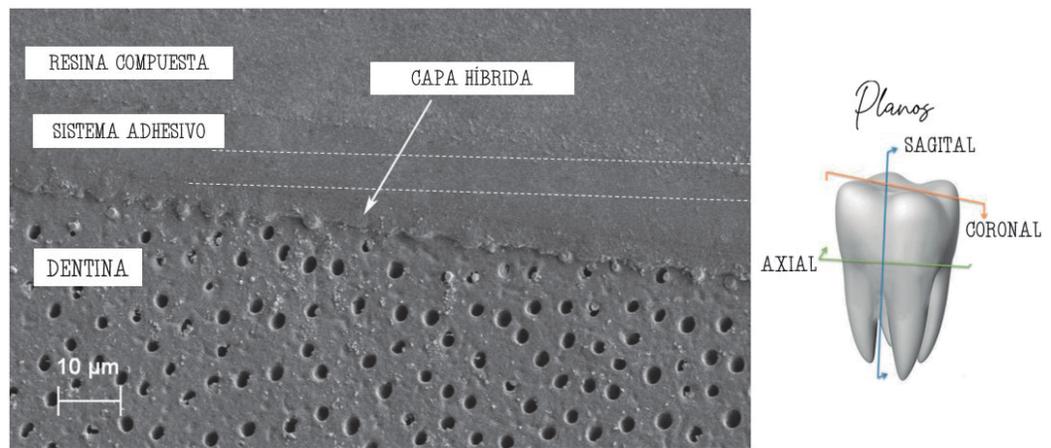


Fig. 47 Vista microscópica de la interface dentina resina en un corte *sagital* obtenido del análisis de interfaces del sistema adhesivo Single Bond™ Universal. Técnica de autograbado.³⁷

Con un enfoque de autograbado fuerte, la transición de la red de fibrillas de colágeno expuestas no afectadas es bastante abrupta. Mientras que en los adhesivos intermedios de autograbado fuerte, hay una acumulación doble de la capa híbrida dentinal, pues crean una capa superior completamente desmineralizada y una base parcialmente desmineralizada.³²

Estos adhesivos son más ácidos que los adhesivos suaves, por los cuales se logra un mejor enclavamiento micromecánico la dentina. La hidroxiapatita residual en la base de la capa híbrida aún puede permitir la interacción química intermolecular, como con los adhesivos suaves de autograbado.³²

5. Marcas Comerciales

Los sistemas adhesivos universales se manejan en el mercado de acuerdo a las diferentes casas comerciales. A pesar de eso, se caracterizan por la similitud en su composición y que la mayoría de ellos comparte los monómeros funcionales que se encuentran revolucionando esta última generación.

Es posible encontrar una amplia gama de productos, pero no existe evidencia científica suficiente de cada uno de ellos. Es por eso, que con base en estudios existentes en los últimos años, se seleccionaron 5 de los sistemas adhesivos universales mayormente comercializados y analizados, en estudios clínicos y de laboratorio, para detallar su resistencia de unión.

5.1 Composición específica

SISTEMA ADHESIVO	MARCA	pH	COMPONENTES											
			10-MDP	PENTA	4-META	Copolimero Vitrebond	Bis-GMA	HEMA	Agua	Etanol	Acetona	Silano	Sílica	
All-Bond Universal™	Dentply Cauk (Milford, DE, EUA)	3.2	✓				✓	✓	✓	✓				
Scotchbond Universal™	3M ESPE (St. Paul, MN, EUA)	2.7	✓			✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	
Prime & Bond Elect®	Dentply Caulk (Milford, DE, EUA)	2.5		✓			✓		✓		✓			
Clearfil™ Universal Bond	Kuraray Dental Inc. (Tokio, Japón)	2.3	✓				✓	✓	✓	✓		✓	✓	
Futurabond® U	Voco (Cuxhaven, Alemania)	2.3					✓	✓		✓				

Tabla 3. Composición de los sistemas adhesivos universales.^{27, 41, 42}

5.2 Indicaciones del fabricante y presentación

Sistema adhesivo	Indicaciones del fabricante	Presentación
All-Bond Universal™	<ul style="list-style-type: none"> • Restauraciones directas • Restauraciones indirectas • Desensibilización y sellado de dientes • Reparación intraoral de restauraciones • Barniz protector para empastes de ionómero de vidrio • Adhesivo para ortodoncia • Adhesivo post-endodóntico.⁴³ 	 <p>Fig. 48 ⁴⁴</p>
Scotchbond Universal™	<ul style="list-style-type: none"> • Cementación de restauraciones indirectas combinando con cemento RelyX Ultimate™ • Desensibilización de la superficie de la raíz. • Sellado de cavidades en restauraciones de amalgama. • Sellado de tejidos antes de la provisionalización • Barniz protector para rellenos de ionómero de vidrio. • Reparación intraoral de composites • Reparación de metal-porcelana y cerámica • Reparación de rellenos de composite o compómero.⁴⁵ 	 <p>Fig. 49 ³⁹</p>
Prime & Bond Elect®	<ul style="list-style-type: none"> • Restauraciones indirectas • Reparaciones compuestas y de cerámica • Barniz en cavidades para amalgama • Restauraciones indirectas • Restauraciones y bases cavitarias directas de material compuesto de doble curado. • Cementación de postes endodónticos cementados con resina de doble curado y de autocurado.⁴⁶ 	 <p>Fig. 50 ⁴⁷</p>
Clearfil™ Universal Bond	<ul style="list-style-type: none"> • Restauraciones directas de resina compuesta • Sellado de cavidades como pretratamiento para restauraciones indirectas • Tratamiento de superficies radicales expuestas • Tratamiento de hipersensibilidad dental • Reparaciones intraorales de restauraciones • Cementación de restauraciones indirectas inlays, onlays, coronas, puentes y carillas.⁴⁸ 	 <p>Fig. 51 ⁴⁹</p>
Futurabond® U	<ul style="list-style-type: none"> • Restauraciones directas e indirectas • Compatible con todos los composites fotopolimerizables, de curado dual y de autocurado • Adhesión a metales, dióxido de zirconio y óxido de aluminio, cerámica de silicato. • Tratamiento de cuellos del diente hipersensibles • Barniz protector para cemento de ionómero de vidrio.⁵⁰ 	 <p>Fig. 52 ⁵⁰</p>

Tabla 4. Indicaciones y presentación de los sistemas adhesivos universales.

5.3 Eficacia en esmalte

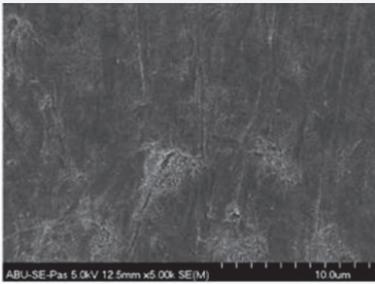
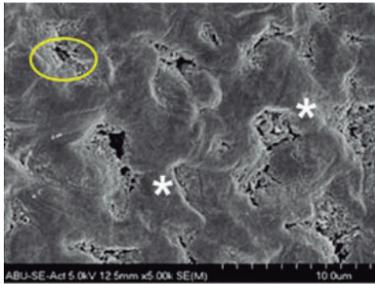
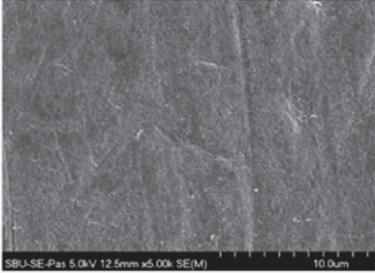
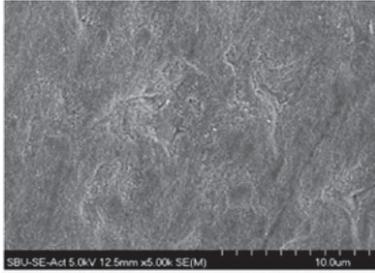
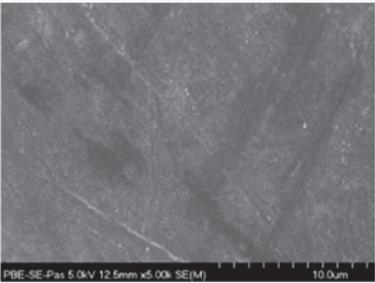
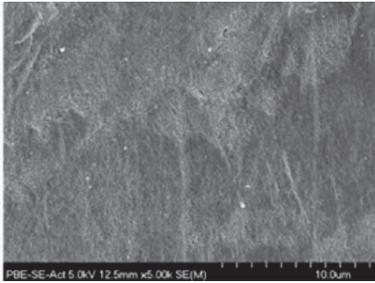
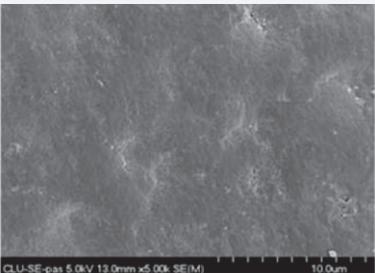
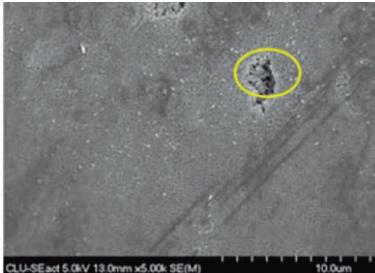
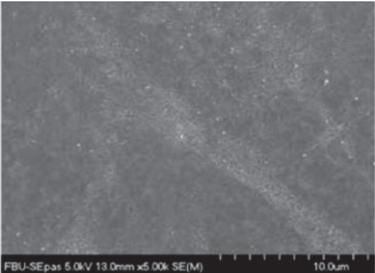
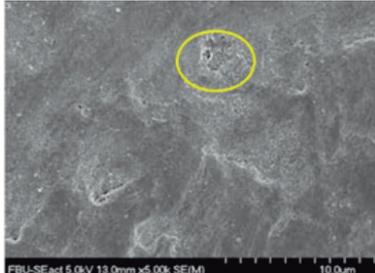
Sistema adhesivo	Autograbado	
	PSE	ASE
All-Bond Universal™		
Scotchbond Universal™		
Prime & Bond Elect®		
Clearfil™ Universal Bond		
Futurabond® U		

Tabla 5. Imágenes al SEM, donde el patrón de autograbado mejoró ligeramente con la aplicación activa, lo que resultó en la exposición de la periferia de los prismas, signo de disolución de hidroxipatita.⁴¹

5.4 Eficacia en dentina

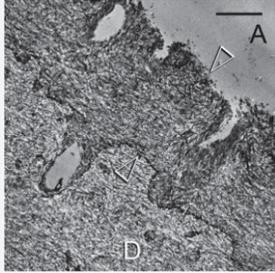
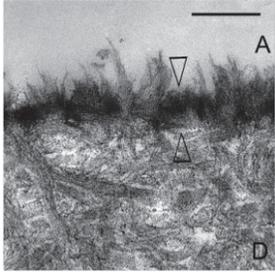
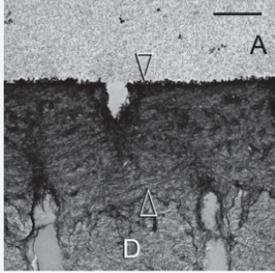
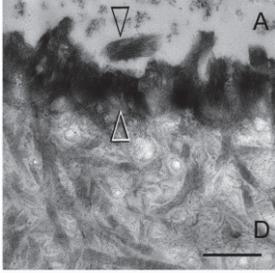
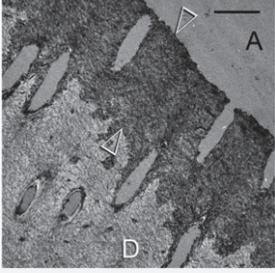
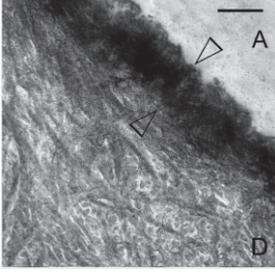
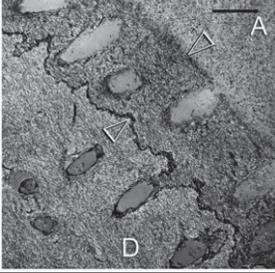
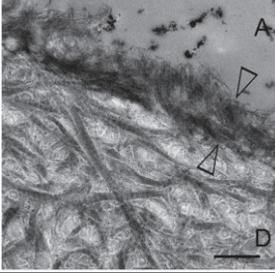
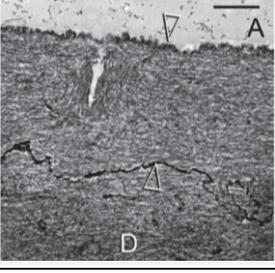
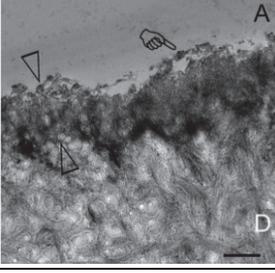
SISTEMA ADHESIVO	ULTRAESTRUCTURA	
	<i>Grabado y enjuague</i>	<i>Autograbado</i>
All-Bond Universal™		
Scotchbond Universal™		
Prime & Bond Elect®		
Clearfil™ Universal Bond		
Futurabond® U		

Tabla 6. Vista al SEM de la ultraestructura de muestras representativas preparadas a partir de los cinco adhesivos universales seleccionados. ²⁷

5.5 Evaluación de la interface dentina-adhesivo

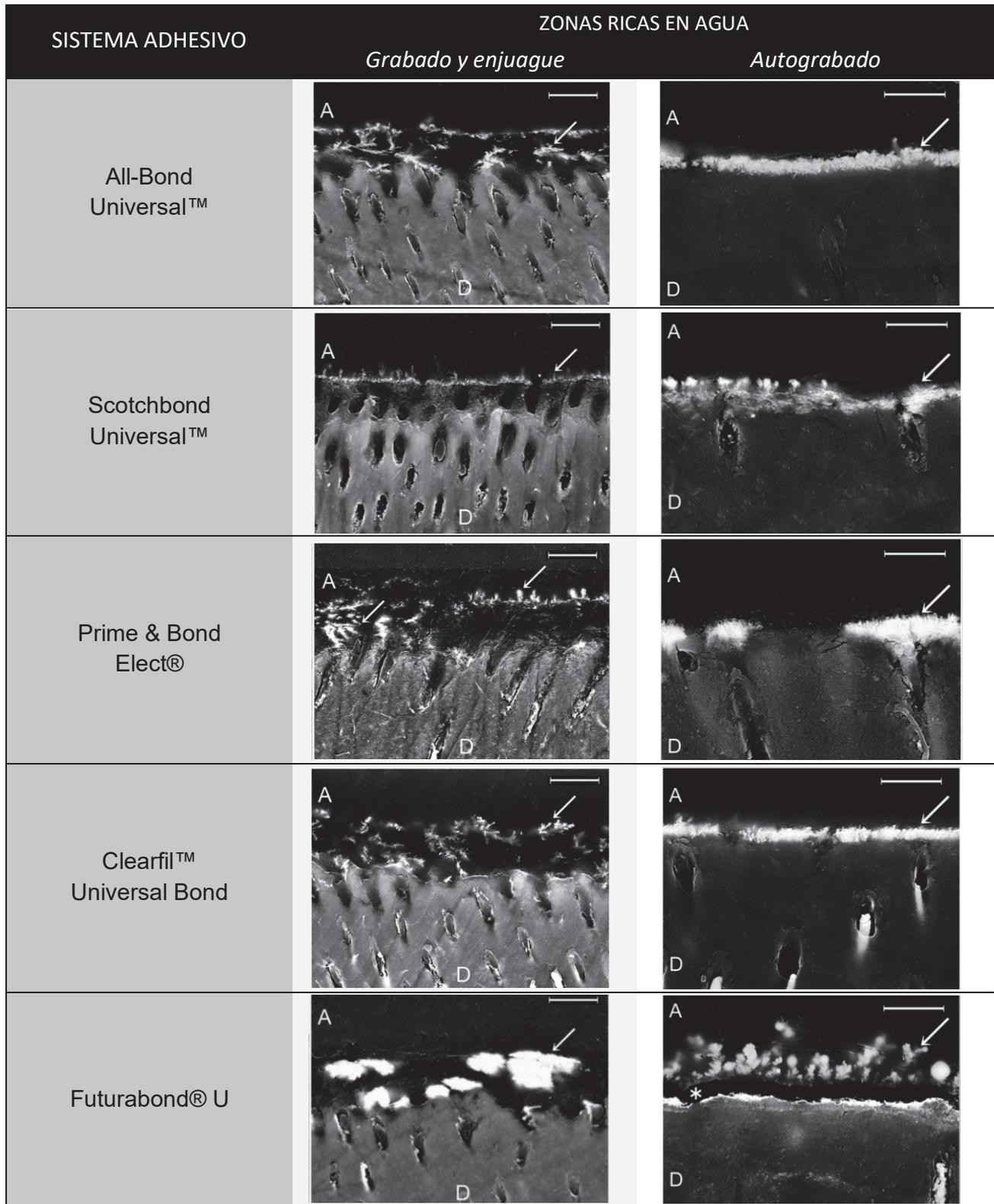


Tabla 7. Vista al SEM de la zonas infundidas en agua de muestras representativas preparadas a partir de los cinco adhesivos universales seleccionados. ²⁷

En la *tabla 5* es posible confirmar que los adhesivos universales son esencialmente sistemas adhesivos de autograbado de un paso con capacidad limitada para grabar el esmalte. Es por ello, que los adhesivos aplicados en modo de grabado y enjuague dan como resultado una resistencia de unión resina-esmalte más alta que en el enfoque de aplicación de autograbado, específicamente en la técnica de autograbado pasivo (PSE).⁴¹

Esto significa que cuando los adhesivos de autograbado se aplican pasivamente solo interactúan superficialmente en el esmalte con un potencial reducido para el enclavamiento micromecánico, lo que da como resultado una menor resistencia de unión. Cambiar el modo de aplicación de pasivo a activo dio como resultado un aumento significativo en las resistencias de unión media.⁴¹

La *tabla 6* muestra la ultraestructura en la interfase en el modo de grabado y enjuague y de autograbado de los cinco adhesivos universales seleccionados, tras sumergir grupos de dientes en una solución de nitrato de plata amoniacal al 50% en peso (pH 9,5) durante 24 horas. Mientras la *tabla 7* muestra la apariencia de zonas ricas en agua infundidas con trazador que podrían identificarse dentro de la interfaz resina-dentina de todas las muestras preparadas para el análisis al SEM.²⁷

Estas zonas se manifestaron como una combinación de estructuras finas en forma de árbol que se extendían verticalmente desde la superficie de la capa híbrida hacia el adhesivo, y como un patrón dendrítico fino de depósitos de plata dentro del grosor de la capa híbrida. La proporción de estas regiones es considerablemente mayor en el modo de autograbado, que la observada en las capas híbridas producidas por el modo de grabado y enjuague.²⁷

Es importante mencionar que cada sistema adhesivo proporcionará diferentes valores de resistencia de unión según la técnica de acondicionamiento y el sustrato dentario sobre el que sea aplicado, es por ello que se muestra la *tabla 8*, que indica los MPa que ofrece cada uno de ellos según la situación.

5.6 Valores de resistencia de unión

SISTEMA ADHESIVO	E S M A L T E			D E N T I N A	
	AUTOGRABADO PSE	ASE	GRABADO Y ENJUAGUE	AUTOGRABADO	GRABADO Y ENJUAGUE
All-Bond Universal™	14.6 ± 1.8	19.5 ± 1.5	25.9 ± 2.2	50.1 ± 6.8	54.6 ± 8.3
Scotchbond Universal™	16.9 ± 1.3	18.0 ± 2.6	22.2 ± 1.3	59.9 ± 11.8	55.7 ± 10.7
Prime & Bond Elect®	13.6 ± 1.9	17.6 ± 1.7	21.4 ± 1.2	56.3 ± 10.2	57.8 ± 9.1
Clearfil™ Universal Bond	11.9 ± 1.9	18.4 ± 1.4	20.2 ± 2.0	48.0 ± 7.4	49.1 ± 4.2
Futurabond® U	12.5 ± 2.6	14.4 ± 2.2	17.2 ± 2.6	48.2 ± 9.7	46.5 ± 7.2

Tabla. 8 Desviación estándar de los valores de resistencia de unión (MPa) en esmalte y dentina obtenidos en el estudio de los cinco sistemas adhesivos universales.^{27, 41}

6. Sellado Dentinario Inmediato

6.1 Definición

Se describe así, a la técnica que consiste en sellar los túbulos dentinarios con el fin de prevenir o reducir la contaminación bacteriana y la sensibilidad dental durante la fase de provisionalización, al tiempo que mejora la fuerza de unión de la restauración final. Fue propuesta en 1992 por Pashley y colegas durante la realización de prótesis fijas totales.^{51, 52}

La penetración bacteriana y de líquidos a través de los túbulos dentinarios expuestos puede provocar la colonización de microorganismos, hipersensibilidad postoperatoria y la posibilidad de irritación posterior de la pulpa. Para evitar estas posibles secuelas, siempre que se haya expuesto un área considerable de dentina accesible durante la preparación del diente, se recomienda la aplicación local de un agente adhesivo de dentina (DBA).⁵¹

6.2 Consideraciones

▪ **Identificación de la dentina**

El primer paso técnico para la aplicación del Sellado Dentinario Inmediato (IDS), es la identificación de las superficies de dentina expuestas. Un método simple pero eficiente es proceder a un grabado corto (2-5 s) y un secado completo de las superficies preparadas.⁵² (Figura 53)

La dentina se puede reconocer fácilmente debido a su aspecto brillante, mientras que el esmalte es opaco. No hace falta decir que después de este grabado inicial, la superficie de la dentina debe volverse a preparar para exponer una capa de dentina y volver a grabar antes de la aplicación del DBA.⁵²

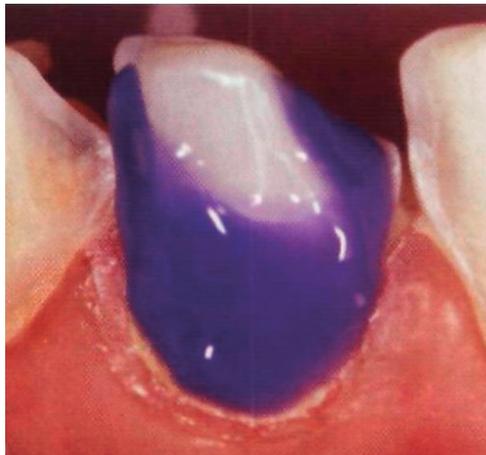


Fig. 53 Superficie dentinaria siendo acondicionada con ácido fosfórico al 37%.⁵²

▪ **Profundidad de preparación**

Los espesores de DBA pueden alcanzar varios cientos de micrómetros cuando se aplican a áreas cóncavas. Al usar IDS, la capa adhesiva adicional a veces puede afectar negativamente el espesor de la futura restauración. Esto es particularmente evidente en el caso de las carillas de porcelana y en presencia de márgenes gingivales en la dentina.⁵² (Figura 54)

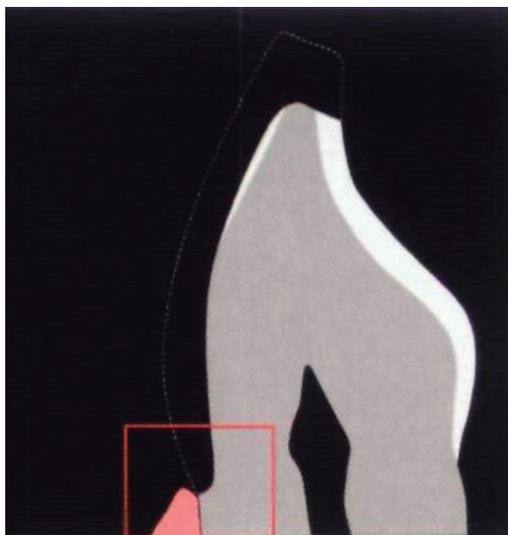


Fig. 54 El IDS es particularmente difícil cuando se trata de superficies cóncavas en preparaciones para carillas y en márgenes gingivales al nivel de encía.⁵²

Cuando los márgenes terminan en dentina, se recomienda un chaflán marcado (0.7 - 0.8 mm) para proporcionar una definición de margen adecuada y suficiente espacio para la restauración adhesiva. Un chaflán poco profundo provocaría que la resina adhesiva se salga del margen y comprometa tanto la definición del margen como el grosor de la porcelana.⁵² (Figura 55)



Fig. 55 Ilustración del chaflán marcado en la terminación gingival.⁵²

El IDS no está indicado para exposiciones muy superficiales a la dentina. Por otro lado, las superficies de preparación más profundas (en el caso de preparaciones de prótesis fija e incrustaciones) pueden tratarse fácilmente con IDS antes de tomar la impresión porque queda suficiente espacio para el material restaurador para mantener una proporción razonable de espesores entre la cerámica y el agente de fijación.⁵² (Figura 56)

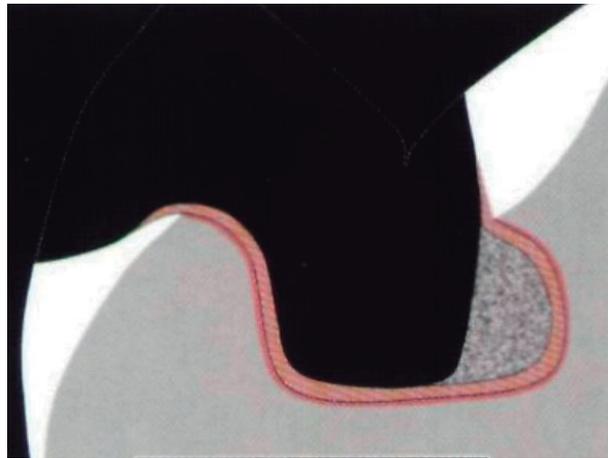


Fig. 56 Ilustración de cavidad para incrustación con suficiente espacio para su acondicionamiento y en donde también es indicado el IDS.⁵²

6.3 Técnica adhesiva

La técnica descrita se centra en el uso del grabado total. El grabado de la dentina recién tallada con ácido fosfórico durante 5 a 15 segundos, debe seguir inmediatamente a la preparación dental para evitar la contaminación por la saliva. Después del enjuague, se debe eliminar el exceso de agua.⁵² (Figura 57)

Se debe ser cauteloso, ya que tanto el secado excesivo como la humectación excesiva pueden causar una unión inferior debido al colapso de las fibras de colágeno desmineralizadas. En consecuencia, se debe evitar el secado al aire. La eliminación de la humedad excesiva se puede lograr mediante el uso de secado por succión sin aplicar presión positiva a la dentina desmineralizada.⁵³

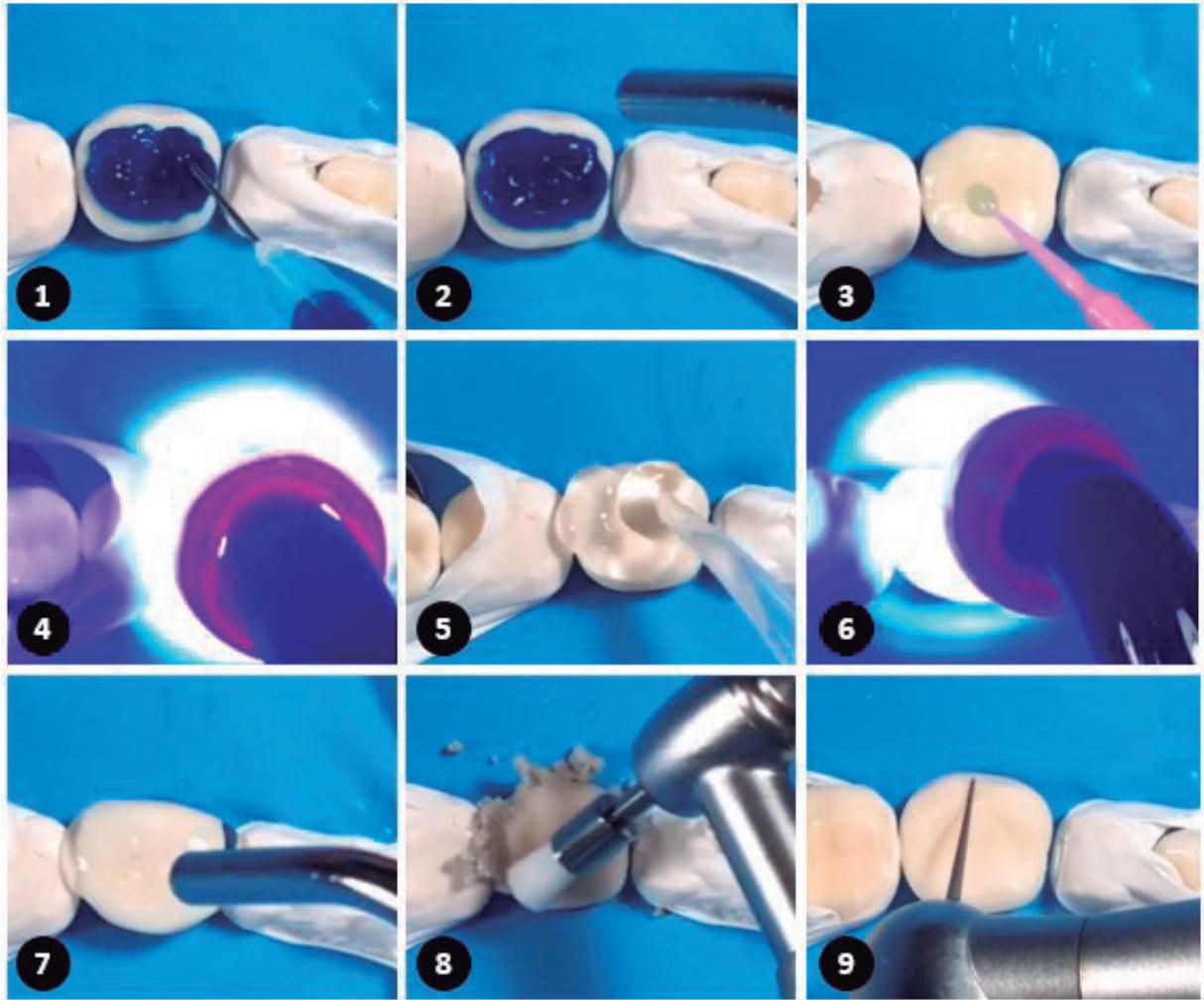


Fig.57 1. Realizar el grabado ácido en dentina de 5 a 15 segundos. 2. Lavar y enjuagar abundantemente, secando el exceso de humedad. 3. Aplicar el agente adhesivo frotando el aplicador durante 20 segundos y dispersar aire suavemente sobre la superficie, pero persistentemente para llegar a evaporar todo el solvente. 4. Posteriormente, fotopolimerizar el adhesivo durante 20 segundos. 5. Aplicar una capa de glicerina, extendiéndola más allá de la superficie sellada, para eliminar la capa inhibida por oxígeno de la resina. 6. Fotopolimerizar 20 segundos más. 7. Lavar y secar para eliminar los restos de glicerina. 8. Debido a que existe la posibilidad de que queden algunas áreas de capa inhibida por oxígeno, se recomienda pasar piedra pómez con un cepillo de profilaxis ejerciendo ligera presión. 9. Con una fresa de grano fino, se deben eliminar las áreas del esmalte que pudieron haber sido tocadas por el agente adhesivo. 10. Finalmente, provisionalizar y durante las próximas citas, evaluar la sensibilidad de los muñones sellados para valorar la posibilidad de evitar la anestesia.^{53, 54}

7. Hipersensibilidad postoperatoria

7.1 Definición

Es la molestia asociada a la colocación de una restauración y que se describe como un dolor sordo ante ciertos estímulos. Se han postulado varias razones para su aparición, pero dentro de las teorías más comúnmente aceptadas son las relacionadas con la formación de brechas de agua y el sobregrabado de la dentina, que permite la penetración de bacterias o sus productos nocivos en los túbulos dentinarios, y en consecuencia, conlleva a la inflamación de la pulpa.⁵⁵

7.2 Etiología

Previo a la aplicación de los sistemas adhesivos con la técnica de grabado y enjuague, se emplea ácido fosfórico para grabar el esmalte y la dentina. En consecuencia, se retira la capa de frotis y se abren los túbulos dentinarios, aumentando su permeabilidad y conductancia hidráulica. Durante el grabado, puede producirse una desmineralización excesiva que reduce las posibilidades de una impregnación completa de los monómeros en la dentina desmineralizada.⁵⁶

(Figura 58)

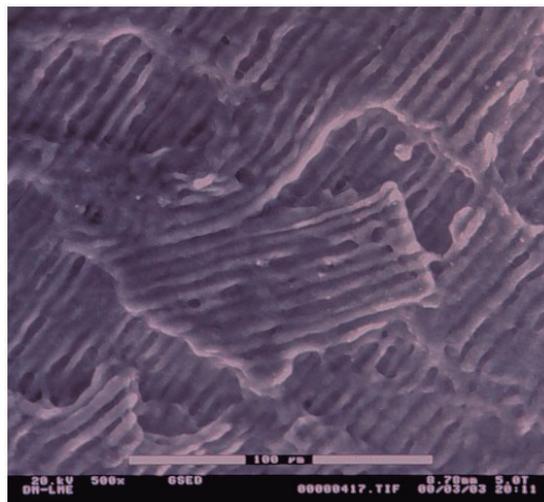


Fig. 58 Túbulos dentinarios sin cobertura de barrillo, en una zona recién tallada.⁵³

Una penetración de monómero incompleta debido al sobregabado o la aplicación inadecuada de adhesivo puede dejar huecos en la capa híbrida, así como fibrillas de colágeno descubiertas que permiten el movimiento del líquido dentinario bajo estrés oclusal, temperaturas extremas y estímulos dulces o ácidos, ocasionando hipersensibilidad dentinaria postoperatoria.^{56, 57}

7.3 Teoría hidrodinámica de Brännstrom

Describe el mecanismo por el cual se cree que ocurre el dolor asociado con la hipersensibilidad dentinal. Esta teoría establece que los estímulos (térmicos, químicos, táctiles o evaporativos) se transmiten a la superficie de la pulpa debido al movimiento de líquido o semifluido dentro de los túbulos dentinarios abiertos.⁵⁸

Anatómicamente, las áreas de los túbulos más cercanas a la cámara pulpar son más anchas y el movimiento del líquido lejos de la pulpa activa los nervios asociados con los odontoblastos en el extremo del túbulo, lo que produce una respuesta al dolor. El movimiento del fluido estimula las pequeñas fibras A-delta mielinizadas, que luego se transmiten al cerebro y producen la sensación de dolor agudo y bien localizado que se asocia con hipersensibilidad dentinal.⁵⁸ (Figura 59)

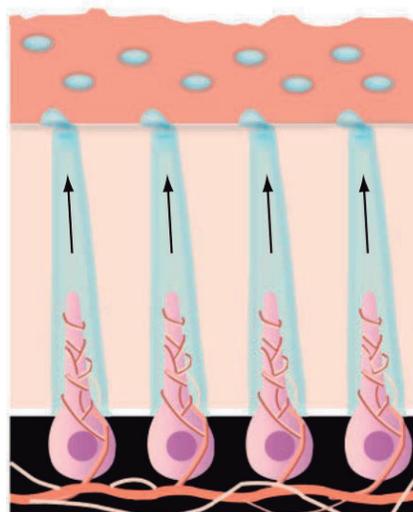


Fig. 59 Representación del flujo de líquido hacia afuera en respuesta a los estímulos.⁵⁸

Conclusión

Dada la presente investigación, podemos concluir que los sistemas adhesivos han evolucionado a través de los años, teniendo cada vez nuevas y significativas mejorías en rehabilitación oral. Gracias a la evolución en su composición e interacción química, es posible trabajar con la odontología mínimamente invasiva, de esta manera se pueden realizar restauraciones exitosas evitando el desgaste en exceso de las superficies dentarias sanas con el objetivo de buscar retención.

Es importante dejar claro que, aunque compartan el mecanismo de adhesión, el funcionamiento de cada sistema adhesivo dependerá de la marca comercial a la que pertenezca, pues si bien existe la posibilidad de que no difieran en gran medida, cada fabricante proporcionará sus propias instrucciones de acuerdo a su compatibilidad, componentes, forma de curado, porciones y tiempos de trabajo. Es por ello, que como profesionales de la salud bucal es importante mantenernos a la vanguardia con cada uno de los nuevos lanzamientos en el mercado.

Aunque la reducción del número de pasos de los sistemas adhesivos universales ha sido satisfactorio por estar contenidos en un solo recipiente, a diferencia de la dentina, para el esmalte se sugiere realizar el acondicionamiento con la técnica de grabado ácido selectivo, según el tiempo que requiera y, así, lograr mayor eficacia que la que le brinda la técnica de autograbado. De esta manera, la posibilidad de mejores resultados de sellado marginal a futuro, puede ser mayor.

Finalmente, cabe recalcar que el uso de esta última generación de sistemas adhesivos, dependerá del criterio clínico profesional y el conocimiento sobre los materiales con los que se desenvuelve día a día. En este caso, el odontólogo tendrá la opción de aplicarlo según la técnica que decida y convenga su experiencia en la práctica privada, así como los resultados obtenidos a través de ella, o bien, de nueva evidencia clínica o de laboratorio publicada hasta ese momento.

Referencias

1. Becker Rodrigues S, Mezzomo Collares F, Branco Leitune VC. Estratégias Adesivas Para Prevenção Da Degradação Da Interface Adesivo/Dentina: Revisão De Literatura. Journal of Clinical Dentistry & Research [Internet]. 2018 Sep [cited 2020 Feb 14];15(3):154–67. Available from: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=ddh&AN=133142307&lang=es&site=eds-live>
2. Nagarkar S, Theis-Mahon N, Perdigão J. Universal dental adhesives: Current status, laboratory testing, and clinical performance. Journal Of Biomedical Materials Research Part B, Applied Biomaterials [Internet]. 2019 Aug [cited 2020 Feb 14];107(6):2121–31. Available from: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cmedm&AN=30637932&lang=es&site=eds-live>
3. Venâncio Avelar W, Formiga Medeiros A, Campos F, Gadelha Vasconcelos R, Gadelha Vasconcelos M. Sistemas Adesivos Universais: Composição, Indicações, Vantagens E Desvantagens. Revista Salusvita [Internet]. 2019 Jan [cited 2020 Feb 14];38(1):155–75. Available from: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=lth&AN=137361591&lang=es&site=eds-live>
4. Sofan E, Sofan A, Palaia G, Tenore G, Romeo U, Migliau G. Classification review of dental adhesive systems: from the IV generation to the universal type. Annali Di Stomatologia [Internet]. 2017 Jul 3 [cited 2020 Feb 14];8(1):1–17. Available from: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cmedm&AN=28736601&lang=es&site=eds-live>
5. Van den Breemer CRG, Özcan M, Pols, MR. Postema AR, Cune MS, Gresnigt MMM. Adhesion of resin cement to dentin: effects of adhesive promoters, immediate dentin sealing strategies, and surface conditioning. The international journal of esthetic dentistry [Internet]. 2019 [cited 2020 Feb 17]; 14(1):52–63. Available from: http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsnar&AN=edsnar.oai.pure.rug.nl_publications.7a67023d.acb3.4a7a.b072.5841246a36c9&lang=es&site=eds-live

6. Chiego DJ, Chiego DJ. Principios de histología y embriología bucal : con orientación clínica [Internet]. Cuarta edición. Elsevier; 2014 [cited 2020 Feb 17]. Available from: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat02025a&AN=lib.MX001001681852&lang=es&site=eds-live>
7. Arteaga Martínez SM, García Peláez MI. Embriología humana y biología del desarrollo [Internet]. 2a edición. Editorial Médica Panamericana; 2017 [cited 2020 Feb 18]. Available from: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat02025a&AN=lib.MX001001977358&lang=es&site=eds-live>
8. Gómez de Ferraris ME, Campos Muñoz A, Sánchez Quevedo M del C, Carda Batalla M del C, Ángel Rodríguez I. Histología, embriología e ingeniería tisular bucodental [Internet]. 4a edición. Editorial Médica Panamericana; 2019 [cited 2020 Feb 18]. Available from: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat02025a&AN=lib.MX001002058724&lang=es&site=eds-live>
9. Alex G. Universal adhesives: the next evolution in adhesive dentistry? Compendium Of Continuing Education In Dentistry (Jamesburg, NJ: 1995) [Internet]. 2015 Jan [cited 2020 Feb 19]; 36 (1):15. Available from: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cmedm&AN=25822403&lang=es&site=eds-live>
10. M. Hargreaves K, H. Berman L, Cohen S. Cohen vías de la pulpa [Internet]. Décima edición. Elsevier Health Science; 2011 [cited 2020 Feb 20]. Available from: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat02025a&AN=lib.MX001001670911&lang=es&site=eds-live>
11. Imagen representativa de adhesión a nivel molecular. <https://sciencebitesperu.weebly.com/science-bites/como-es-que-la-goma-pega>
12. Henostroza G. Adhesión en Odontología Restauradora. 2° ed. Madrid. Ripano. 2010.
13. Carrillo SC. Michael G. Buonocore, padre de la odontología adhesiva moderna, 63 años del desarrollo de la técnica del grabado del esmalte (1955-2018) [Internet]. [Cited 2020 Feb 23]. Available from: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat02032a&AN=per.PER01000417720&lang=es&site=eds-live>

14. Garcilazo Gómez A, Miguelena Muro KE, Guerrero Ibarra J, Rios Szalay E, Bonilla Haro R. Factores que afectan y mejoran la adhesión en dentina, una puesta al día. Una revisión de la literatura [Internet]. [cited 2020 Mar 9]. Available from: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat02032a&AN=per.PER01000429259&lang=es&site=eds-live>
15. Mandri MN, Aguirre GPA, Zamudio ME. Sistemas adhesivos en Odontología Restauradora. Odontostomatología [Internet] 2015; XVII (26): 50-56. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=479647295006>
16. Tala A, Muhammad ONH, Samad KA. Enamel etching and dental adhesives. Advanced Dental Biomaterials [Internet] 2019; (11): 229-253. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102476-8.00011-6>
17. Meerbeek BV, Kumiko Yoshihara, Van Landuyt K, Yasuhiro Yoshida, Peumans M. From Buonocore's Pioneering Acid-Etch Technique to Self-Adhering Restoratives. A Status Perspective of Rapidly Advancing Dental Adhesive Technology. Journal of Adhesive Dentistry [Internet]. 2020 Jan [cited 2020 Feb 18];22(1):7-34. Available from: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=ddh&AN=141713855&lang=es&site=eds-live>
18. Imagen de Cervident SS White. Ahesivo de 1^{era} Generación. Disponible en: <https://docplayer.info/63961927-Etsa-b-nding-agyont.html>
19. Imagen de Clearfil Bond System-F. Sistema adhesivo de 2^{da} Generación. Disponible en 1978. Disponible en: <https://www.kuraraynoritake.eu/pub/media/pdfs/clearfil-se-bond-the-10th-anniversary-en.pdf>
20. Imagen de Clearfil New Bond de Kararay. Sistema adhesivo de 3^{era} Generación. Disponible en 1984. Disponible en: <https://kuraraydental.com/product/clearfil-new-bond/>
21. Imagen de Adper™ Scotchbond™ Multi-purpose. Adhesivo de 4^{ta} generación. https://www.3mz.co.nz/3M/en_NZ/company-nz/all-3m-products/~Adper_Scotchbond-Multi-Purpose-Plus-Introductory-Kit_7545S/?N=5002385+8711017+3292909135&rt=rud
22. Imagen de Prime & Bond. Sistema adhesivo de 5^{ta} Generación. Disponible en: <https://www.dentalsky.com/primebond-nt-dentsply.html>

23. Imagen de Clearfill Liner bond 2V. Adhesivo de 6^{ta} Generación. Disponible en: <https://www.kuraraynoritake.eu/en/clearfil-liner-bond-2v.html>
24. Imagen de Xeno IV. Adhesivo de 7^{ma} Generación. Disponible en: <https://www.dentaladvisor.com/evaluations/xeno-iv-bg/>
25. Venâncio Avelar W, Formiga Medeiros A, Mirelly de Queiroz A, da Silva Lima DA, Gadelha Vasconcelos M, Gadelha Vasconcelos R. Sistemas Adesivos Universais: Alternativas De Protocolos Adesivos Na União Aos Substratos Dentários. Revista Salusvita [Internet]. 2019 Jan [cited 2020 Feb 21];38(1):133–53. Available from: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=lth&AN=137361585&lang=es&site=eds-live>
26. Parra Lozada M, Garzón Rayo H. Sistemas adhesivos autograbadores, resistencia de unión y nanofiltración: una revisión / Self-etching adhesive systems, bond strength and nanofiltration: a review. Revista Facultad de Odontología Universidad de Antioquia [Internet]. 2012 [cited 2020 Mar 10];24(1):133–50. Available from: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edssci&AN=edssci.S0121.246X20.12000200011&lang=es&site=eds-live>
27. Chen C, Niu L-N, Xie H, Zhang Z-Y, Zhou L-Q, Jiao K, et al. Bonding of universal adhesives to dentine – Old wine in new bottles? Journal of Dentistry [Internet]. 2015 May 1 [cited 2020 May 12];43(5):525–36. Available from: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edselp&AN=S0300571215000706&lang=es&site=eds-live>
28. Perdigão J, Swift EJ. Universal Adhesives. Journal of Esthetic & Restorative Dentistry [Internet]. 2015 Nov [cited 2020 Feb 14];27(6):331–4. Available from: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=c8h&AN=111549147&lang=es&site=eds-live>
29. Moncada G, García Fonseca R, de Oliveira OB, Fernández E, Martín J, Vildósola P. The Role of 10-methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate in the paradigm of change to adhesive systems integrated to dentin. Revista clínica de periodoncia, implantología y rehabilitación oral [Internet]. 2014 [cited 2020 Mar 9];7(3):194–9. Available from: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edssci&AN=edssci.S0719.0107201.4000300013&lang=es&site=eds-live>

30. Amaral CM, Diniz AM, Arantes EBR, dos Santos GB, Noronha-Filho JD, da Silva EM. Resin-dentin Bond Stability of Experimental 4-META-based Etch-and-rinse Adhesives Solvated by Ethanol or Acetone. *Journal of Adhesive Dentistry* [Internet]. 2016 Nov [cited 2020 Feb 21];18(6):513–20. Available from: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=ddh&AN=121336602&lang=es&site=eds-live>
31. Monómero funcional PENTA. Disponible en: <https://www.dentsplysirona.com/en-us/categories/restorative/prime-and-bond-elect.html>
32. Manuja N, Nagpal R, Pandit IK. Dental Adhesion: Mechanism, Techniques and Durability. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry* [Internet]. 2012 Apr [cited 2020 Mar 10];36(3):223. Available from : <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edb&AN=103624676&lang=es&site=eds-live>
33. Ramos Sánchez G, Calvo Ramírez N, Fierro Medina R. Adhesión Convencional en Dentina, Dificultades Y Avances en La Técnica / Conventional Dentin Bonding. Difficulties and Progress in the Technique. *Revista Facultad de Odontología Universidad de Antioquia* [Internet]. 2015 [cited 2020 May 14];26(2):468–86. Available from: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edssci&AN=edssci.S0121.246X2015000100013&lang=es&site=eds-live>
34. Cintra Mailart M, Bogado Escobar L, Poletto A, Bühler Borges A. Degradación de la interfaz adhesiva: ¿Cuáles son las consecuencias para la longevidad de las restauraciones? *Revista de la Facultad de Odontología Universidad Nacional de Cuyo* [Internet]. 2017 Jan [cited 2020 Mar 10];11(1):15–20. Available from: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=ddh&AN=126540761&lang=es&site=eds-live>
35. Bonatelli, BL. SISTEMAS ADESIVOS: EVOLUÇÃO E PERSPECTIVAS – REVISÃO DE LITERATURA. *Revista Bahiana de Odontologia* [Internet] 2016; (7). DOI: https://www.researchgate.net/publication/312481441_SISTEMAS_ADESIVOS_EVOLUCAO_E_PERSPECTIVAS_-_REVISAO_DE_LITERATURA
36. Tichý A, Hosaka K, Tagami J. Univerzální adheziva - nový směr vývoje adhezivních systémů. *Czech Stomatology & Practical Dentistry / Česká stomatologie a Praktické zubní lékařství* [Internet]. 2020 Jan [cited 2020 May 14];120(1):4–12. Available from: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=142809693&lang=es&site=eds-live>

37. Carvalho, Eric Costa, Gouvêa, Jayme Pereira de, Teixeira, Ágatha Borges, Melo-Silva, Tereza Cristina Favieri de, & Melo-Silva, Cláudio Luís de. (2019). Análise de interfaces de sistemas restauradores diretos em esmalte e em dentina humanos. *Matéria* (Rio de Janeiro), 24(3), e12391. Epub September 16, 2019. <https://doi.org/10.1590/s1517-707620190003.0704>
38. Cedillo Valencia J de J, Fernández RE, Hitte RV, Andrade IC. Adaptación marginal e hibridación de los adhesivos de auto grabado. Estudio in vivo. (Spanish). *Revista ADM* [Internet]. 2012 Mar [cited 2020 May 14];69(2):76. Available from: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edb&AN=88777179&lang=es&site=eds-live>
39. Mecanismo de adhesión en esmalte y dentina. Disponible en: https://www.3m.com/es/3M/es_ES/dental-es/products/adhesivos/scotchbond-universal/
40. Imágenes al SEM de la superficie del esmalte dental autograbado. <https://multimedia.3m.com/mws/media/922911O/tpp-sbu.pdf>
41. Loguercio AD, Muñoz MA, Luque-Martinez I, Hass V, Reis A, Perdigão J. Does active application of universal adhesives to enamel in self-etch mode improve their performance? *Journal of Dentistry* [Internet]. 2015 Sep 1 [cited 2020 May 17];43(9):1060–70. Available from: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edselp&AN=S0300571215000883&lang=es&site=eds-live>
42. Takayuki Suzuki, Toshiki Takamizawa, Barkmeier WW, Akimasa Tsujimoto, Hajime Endo, Erickson RL, et al. Influence of Etching Mode on Enamel Bond Durability of Universal Adhesive Systems. *Operative Dentistry* [Internet]. 2016 Sep [cited 2020 May 24];41(5):520. Available from: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edo&AN=119656834&lang=es&site=eds-live>
43. Indicaciones de All-Bond Universal™. https://www.bisco.com/assets/1/22/All_Bond_Universal_Spanish6.pdf
44. Imagen de All-Bond Universal™. Sistema Adhesivo Universal. Disponible en: <https://www.bisco.com/all-bond-universal/>

45. Indicaciones de Scotchbond Universal Adhesive™. <https://multimedia.3m.com/mws/media/754751O/scotchbond-universal-adhesive-technical-product-profile.pdf>
46. Indicaciones de Prime & Bond Elect®. https://assets.dentsplysirona.com/dentsply/pim/manufacturer/Restorative/Direct_Restoration/Adhesives/Universal_Adhesives/PrimeBond_Elect_Universal_Dental_Adhesive/RES-PrimeBondelect-DFU-multilingual.pdf
47. Imagen de Prime & Bond Elect®. <https://www.dentsplysirona.com/en-au/shop/restorative/direct-restoration/adhesives.html/Restorative/Direct-Restoration/Adhesives/Universal-Adhesives/Prime%26Bond-Elect-Universal-Dental-Adhesive/p/CAU-634602/c/1000779.html>
48. Indicaciones de Clearfil™ Universal Bond. https://www.kuraraynoritake.com/world/product/adhesives/pdf/universal_bond_brochure.pdf
49. Clearfil™ Universal Bond. Disponible en: https://www.kuraraynoritake.com/world/product/adhesives/clearfil_uni_bond.html
50. Futurabond® U. Disponible en: <https://www.voco.dental/southam/productos/restauraci%C3%B3n-directa/bonding/futurabond-u.aspx>
51. Qanungo A, Aras MA, Chitre V, Mysore A, Amin B, Daswani SR. Immediate dentin sealing for indirect bonded restorations. Journal of Prosthodontic Research [Internet]. 2016 Oct 1 [cited 2020 May 20];60(4):240–9. Available from: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edselp&AN=S1883195816300214&lang=es&site=eds-live>
52. Magne P. Immediate Dentin Sealing: A Fundamental Procedure for Indirect Bonded Restorations. Journal of Esthetic & Restorative Dentistry [Internet]. 2005 May [cited 2020 May 20];17(3):144. Available from: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edb&AN=17533226&lang=es&site=eds-live>

53. Padrós-Fradera E. Un protocolo audaz (y sin embargo ortodoxo) para el sellado inmediato de la dentina vital tallada para prótesis / An audacious protocol (and nevertheless, an orthodox one) for the immediate sealing of the vital dentin once it has been prepared for prosthodontics. RCOE [Internet]. 2004 [cited 2020 May 28];9(6):687–97. Available from: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edssci&AN=edssci.S1138.123X2004000600006&lang=es&site=eds-live>
54. Imagen del paso a paso del Sellado Dentinario Inmediato. Disponible en: <https://www.instagram.com/stories/highlights/17994368461021000/>
55. Jamari GS, Iqbal Z. Post-Operative Sensitivity in Restorative Type Glass Ionomer versus Resin Composite Restoration in Class V Carious Cavity. Isra Medical Journal [Internet]. 2017 Sep [cited 2020 May 25];9(5):293–6. Available from: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=127895504&lang=es&site=eds-live>
56. Reis A, Dourado Loguercio A, Schroeder M, Luque-Martinez I, Masterson D, Cople Maia L. Does the adhesive strategy influence the post-operative sensitivity in adult patients with posterior resin composite restorations?: A systematic review and meta-analysis. Dental Materials [Internet]. 2015 Sep 1 [cited 2020 May 25];31(9):1052–67. Available from: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edselp&AN=S0109564115001669&lang=es&site=eds-live>
57. Umer F, Khan FR. Postoperative sensitivity in Class V composite restorations: Comparing soft start vs. constant curing modes of LED. Journal of Conservative Dentistry : JCD [Internet]. 2011 Jan 1 [cited 2020 May 26];14. Available from: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsair&AN=edsair.od.....267..b9e048e749a177d2139a61dadb722336&lang=es&site=eds-live>
58. Saylor CD, Overman PR. Hypersensitive Dentin Updates (2nd edition). RDH [Internet]. 2017 Jul [cited 2020 May 28];37(7):1–11. Available from: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=c8h&AN=124137793&lang=es&site=eds-live>