



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

NANOTECNOLOGÍA EN MATERIALES DENTALES
(REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA).

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

CIRUJANO DENTISTA

P R E S E N T A :

RACIEL GEOVAN CASTILLA CASTILLO

TUTOR: MTRO. CARLOS ALBERTO MORALES ZAVALA

MÉXICO D. F.

2008



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.

A Dios por no soltarme de su mano y llenar mi vida de bendiciones.

A ti Josefina porque siempre has confiado en mí, nunca me dejaste solo y de verdad eres como mi segunda madre. Te adoro güerita-

A Mari por compartir su amor día con día y nunca dejarme solo. Te amo niña

A mis doctores que compartieron su experiencia, en especial a mi tutor Mtro. Carlos Morales

En especial doy gracias a mis padres que siempre han caminado a mi lado, mostrándome la luz de la vida y permitiendo que este gran proyecto se haya cumplido. Los amo

A mi hermanos (Irving, Cris, Julio) que siempre me han apoyado en las buenas y las malas compartiendo la felicidad en cada momento.

A mis amigos Ericka, Chio, Lau, Galilea, Paulina por creer en mí y compartir momentos tan increíbles

A todos ellos gracias por compartir el don de la vida.....

ÍNDICE

Introducción.....	6
Capítulo 1. HISTORIA DE LA NANOTECNOLOGÍA.....	7
1.1 Sucesos que han posibilitado la materialización de las ideas de Feynman.....	10
a) La invención del microscopio de barrido del efecto túnel.....	10
b) El descubrimiento de los fullerenos.....	10
c) La invención del microscopio de fuerza atómica.....	13
d) La grabación de datos de escala nanométrica.....	13
e) El descubrimiento de los nanotubos de carbono.....	14
Capítulo 2. TERMINOLOGÍA, CARACTERÍSTICAS Y MÉTODOS DE OBTENCIÓN NANOMÉTRICA.....	17
2.1 Nanociencia.....	18
2.2 Nanotecnología.....	18
2.3 Nanómetro.....	19
2.4 Características de las nanopartículas.....	21
2.5 Producción de nanoestructuras.....	22
2.5.1. Técnicas bottom up o de síntesis de materiales estructurados.....	22
a) Procesos en fase sólida.....	23
1. Sol-Gel.....	23
2. Atomización mediante corriente de gas.....	23
3. Electrodeposición.....	23
4. Procesos sonoquímicos.....	24
b) Procesos en fase de vapor.....	24
1. Procesos con aerosoles.....	24
2. Deposición en fase de vapor.....	25

- Deposición física en fase vapor (PVD).....	25
- Deposición química en fase vapor (CVD).....	26
- Atomización térmica.....	26
2.5.2 Técnicas Top Down.....	27
a) Procesos en fase sólida.....	27
2.4.2. Nuevas técnicas en fase de experimentación.....	27
Capítulo 3. NANOTECNOLOGÍA EN MATERIALES DENTALES.....	30
3.1. Adhesivos dentales.....	31
a) Unión a dentina.....	31
b) Estrategia adhesiva.....	31
c) Cronología.....	32
d) Mecanismo de polimerización.....	34
e) Tipo de solvente.....	34
3.1.1. Adapter Single Bond 2	36
3.1.2. Prime & Bond NT.....	38
3.2. Cementos dentales.....	41
3.2.1. Ketac N 100.....	42
3.3. Resinas.....	44
a) Disminución de la contracción de polimerización.....	46
b) Desarrollo del relleno.....	46
3.3.1. Filtek Supreme Z350 (3M).....	49
3.3.2. Filtek Supreme XT (3M).....	50
a) Filtek Supreme XT Flow Restaurador fluido (3M).....	52
3.3.3. Tetric Evo Ceram (Ivoclar Vivadent).....	53
3.3.4. Grandio (Vocco).....	55
3.3.5. Premise TM (Kerr).....	56
3.3.6. Esthet X (Densply).....	58
3.3.7. Venus.....	59

3.3.8. Filtek Silorane (3M).....	61
3.4. Materiales de impresión.....	64
3.4.1. Elite H.D.....	64
Capítulo 4. FUTUROS AVANCES EN NANOTECNOLOGÍA DENTAL....	66
4.1. Nanodontología.....	68
4.2. Nanomedicina.....	71
4.3. Nanorobots.....	72
Capitulo 5. IMPLICACIONES ADVERSAS DE LAS NANOPARTÍCULAS EN LA SALUD.....	75
CONCLUSIONES.....	82
Referencia bibliográfica.....	83

INTRODUCCIÓN

La tecnología ha permitido mejorar los protocolos de atención que actualmente se utilizan, de ahí la importancia de observar que es lo que está sucediendo en el área de la investigación en las ciencias básicas y como estos desarrollos benefician a nuestra especialidad.

La nanotecnología emerge ante nosotros como un término nuevo, revolucionario, capaz de eclipsar a los ya materiales clásicos. Aunque sólo encontramos algunas pistas en la literatura, parece que estos nuevos materiales tienen propiedades físicas más que aceptables, comparables a los híbridos. Sin duda trabajar con ellos supone de entrada notar que aportan algunas ventajas estéticas y de manejo difíciles de conseguir con materiales más clásicos.

Las casas comerciales no nos sorprenden con nada en ese sentido, pero sí nos facilitan enormemente el trabajo al permitirnos conseguir un resultado predecible invirtiendo un menor esfuerzo. La nanotecnología pretende enarbolar una única bandera.

El objetivo de este trabajo es conocer los nuevos avances tecnológicos, manipulación y características particulares que presentan los nuevos materiales dentales con contenido nanométrico en su estructura, así como las futuras aplicaciones e innovaciones en el ámbito dental.

CAPÍTULO 1.

HISTORIA DE LA NANOTECNOLOGÍA.

Capítulo 1.

HISTORIA DE LA NANOTECNOLOGÍA

En diciembre de 1959 el famoso físico y premio Nobel Richard Feynman impartió una conferencia a *la American Physicat Society* que resultó profética. El nombre de su intervención era "Hay mucho espacio allá abajo" y abordaba el tema de la manipulación de las cosas a escala muy pequeña. Feynman señalaba que no hay nada en las leyes de la física que impida construir estructuras colocando átomo por átomo, en una forma específica. La analogía de este proceso está dada en la naturaleza; todos los seres vivos se construyen "átomo por átomo" siguiendo las instrucciones del ADN correspondiente. "La biología no es simplemente escribir información; es *hacer* algo con ella. Un sistema biológico puede ser extremadamente pequeño. Muchas de estas células son muy chiquitas, pero están muy activas; fabrican diversas sustancias, andan por ahí, se contonean, y hacen toda clase de cosas maravillosas, todo en una escala muy pequeña. Además almacenan información. Consideren la posibilidad de que también nosotros podamos construir una cosa muy pequeña y que ésta haga lo que queramos, que podamos fabricar un objeto que maniobre en ese nivel".

Feynman enfatizó que las estructuras pequeñas deben presentar propiedades y fenómenos muy diferentes a los cotidianos, porque no hay que olvidar que todo lo que sucede en el mundo de lo pequeño pertenece al reino de la mecánica cuántica; en ese mundo nuestra intuición y experiencia de lo macroscópico no funcionan. ¹

Para ilustrar lo que significaría un cambio de escala, en su conferencia Feynman planteó como ejemplo lo que sería escribir toda la *Enciclopedia Británica* (24 tomos) en la cabeza de un alfiler. Para hacerlo habría que

reducir la escritura 25 000 veces, es decir, llegar al tamaño de unos 32 átomos. Además, tendríamos que ser capaces de leer esas letras de 1/25000 del tamaño que tienen ahora.

Pasaron muchos años sin que los planteamientos de Feynman fueran realidades. Para poder escribir y leer letras del tamaño que este científico propuso, faltaba desarrollar una tecnología nueva: microscopios con una enorme capacidad de amplificación, que detectarían átomos y además pudieran manipular esos átomos.

Unos 15 años después de la plática de Feynman, el científico japonés Norio Taniguchi introdujo el término "nanotecnología". Recordemos que la tecnología es la actividad humana que genera herramientas o procesos a través de transformar los conocimientos científicos en aplicaciones para el desarrollo económico de una sociedad. En cuanto a "nano", es sinónimo de enano y viene del latín *nanus*, que significa pequeñez excesiva. Nano aparece como prefijo en las unidades métricas para referirse a la mil millonésima parte de la unidad respectiva (milésima parte de un millonésimo, 10^{-9}). Un átomo mide la décima parte de un nanómetro y para que tengamos una idea de lo que esto significa, pensemos en las siguientes analogías: si un átomo fuera del tamaño de una pequeña canica, una molécula compleja sería como del tamaño de uno de nuestros puños. Los átomos son 10 000 veces más pequeños que una bacteria, y una bacteria es 10 000 veces más pequeña que un mosquito. Así, "nanotecnología" hace referencia al trabajo que se realiza en el rango de 0.1 a 100 nanómetros (un pelo humano tiene 10 000 nanómetros de ancho).¹

1.1 Sucesos que han posibilitando la materialización de las ideas de Feynman.

a) La invención del microscopio de barrido de efecto túnel.

Varios estudios señalan como uno de esos antecedentes, por ejemplo, el primer registro como patente de un dispositivo molecular, efectuado en 1974 por Aviram y Seiden, de la corporación IBM, pero no cabe duda alguna que una de las limitantes de las ideas de Feynman la constituía el hecho de que en aquel entonces no se disponía de las herramientas experimentales necesarias para manipular los átomos, por lo que, entre otros factores, los avances vinculados con la instrumentación han permitido ir acercando estas ideas a la práctica y debemos considerarlos como importantes antecedentes. En ese sentido se inscribe el microscopio de barrido de efecto túnel (STM) Este microscopio, que clasifica entre los instrumentos llamados nanoscópicos porque posibilita ver objetos de tamaño nanométrico y aún menores, fue inventado en 1982 por el suizo Gerd Binnig y el alemán Heinrich Rohrer. Ambos recibieron por esto el Premio Nobel de Física en 1986, compartido con Ernst Ruska, inventor del microscopio electrónico en 1933.

El STM dispone de una sonda tan afilada que en su extremo sólo hay un átomo. En estas condiciones, una corriente eléctrica débil genera una diferencia de potencial de un voltio entre la sonda y el material, con lo cual, al recorrer la superficie del material la sonda reproduce la topografía atómica de la muestra.²

b) El descubrimiento de los fullerenos.

En 1985 ocurre otro hecho importante en el camino del desarrollo de la nanociencia y la nanotecnología cuando Richard Smalley, Robert Curl y Harold Kroto descubren las jaulas esféricas con 60 átomos de carbono, hoy

conocidas como fullerenos, por lo cual reciben el Premio Nobel de Química en 1995 (Fig. 1).

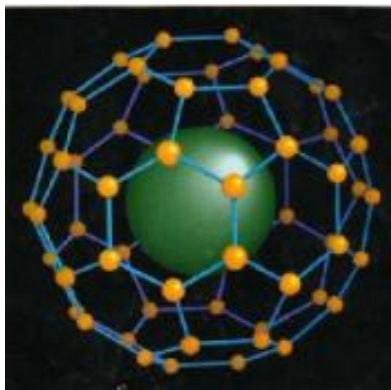


Fig. 1 Fullenero³

Como ocurre frecuentemente con muchos de los grandes descubrimientos, éste fue casual. Aunque se trata de una historia que no se corresponde exactamente con el enfoque de este informe, por su importancia para comprender hechos posteriores incluimos aquí una breve explicación al respecto.

Como es bien conocido, el carbono tiene la propiedad singular de formar enlaces estables entre sí sólo en dos formas puras: diamante y grafito. La gran diferencia entre estas formas es bien conocida y, de hecho, transformar el grafito en diamante podría ser una idea inspirada en la "utopía" planteada por Feynman de cambiar a voluntad el orden de los átomos.

En el diamante cada átomo está rodeado por otros cuatro carbonos, formando una red tridimensional, en tanto que en el grafito cada carbono se enlaza con tres átomos vecinos en un plano, dando lugar a una lámina parecida a una malla. Estas láminas de grafito se acoplan con un enlace débil entre sí y por esto se deslizan fácilmente, lo que le confiere al grafito su textura suave.²

En los años cuarenta del pasado siglo, mientras trabajaba con un arco de carbono e intentaba precisamente crear átomos más grandes y pesados adhiriéndoles neutrones, Otto Hahn obtuvo un efecto indeseado; cuando observaba los resultados, notó que el arco también producía cadenas de carbono, pero se limitó a consignar la aparición de las mismas en una nota a pie de página y prosiguió con la investigación originalmente concebida.

En 1985, el físico inglés Harry Kroto que había detectado en las nubes de gas del espacio interestelar indicios de cadenas de carbono aún más largas que las que se podían sintetizar en la tierra.

En el dispositivo ideado por Smalley a esos efectos, un láser de alta potencia evaporaba fragmentos pequeños de grafito y los convertía en nubes calientes de partículas que se enfriaban con un chorro de gas helio, permitiendo que los átomos se condensaran en racimos o agrupaciones. Las mezclas se analizaban con un espectrómetro de masa. El equipo integrado por Smalley, Kroto y el físico estadounidense Robert Curl, llegó a la conclusión de que las grandes moléculas debían estar compuestas por 60 átomos de carbono, lo que sólo podía significar que, de alguna manera, una colección de 60 átomos de carbono era extraordinariamente estable.

En el proceso de investigación, que no les permitía hacer un análisis estructural dada lo pequeño de las muestras, los investigadores formularon la atrevida hipótesis de que los 60 átomos de carbono se organizaban en una estructura similar a la de una pelota de fútbol, que recordaba la simetría estructural de algunas de las construcciones del famoso arquitecto norteamericano Richard Buckminster Fuller, lo que los llevó a denominar a la molécula con el nombre de buckminsterfulereno, que suele acortarse a fullereno o a "buckybola" teniendo en cuenta lo engorroso del nombre.²

El descubrimiento fue publicado por Smalley y Kroto en la revista *Nature*, sin que se tuvieran aún las pruebas de la geometría de la molécula, las cuales fueron encontradas posteriormente por Wolfgang Kratschmer y Donald Huffman, quienes a finales de los años ochenta del pasado siglo idearon un procedimiento que les permitió cristalizar el C_{60} y determinar su estructura mediante rayos X. El descubrimiento de los fullerenos constituyó un importante paso en el desarrollo de la nanotecnología y en la validación de sus hipótesis iniciales.

c) La invención del microscopio de fuerza atómica.

En 1985, Binnig y Róhrer, creadores en 1981 del microscopio de efecto túnel, desarrollaron el microscopio de fuerza atómica (AFM), de similar resolución que el anterior, pero que se diferencia de éste en que su sonda entra en contacto con la muestra y detecta los efectos de las fuerzas atómicas. El AFM puede utilizarse con materiales no conductores, como lo son muchas muestras biológicas.

d) La grabación de datos a escala nanométrica.

En 1989, dos científicos del Centro de Investigación de Almadén de la IBM, en San José, California, sorprendieron al mundo científico al utilizar un microscopio de sonda vibrátil para mover átomos de xenón sobre una superficie de níquel, escribiendo una versión microscópica del logotipo de la IBM. El experimento demostró que era posible trabajar realmente a nanoescala, aunque el mismo se llevó a cabo en condiciones excepcionales; un microscopio fabricado a propósito, una habitación especial a prueba de vibraciones y una temperatura ambiente de aproximadamente -270 grados centígrados, sólo unos grados sobre el cero absoluto. ²

Investigaciones posteriores fueron eliminando las restricciones presentes en ese primer experimento y diez años después, en 1998, S. Chou y P. Krauss

consiguieron realizar la grabación de datos de mayor densidad conocida: 65 gigabits/cm², lo que permite pensar que este sistema de litografía puede convertirse en una solución rápida para fabricar nanocomponentes microelectrónicas y pastillas ADN utilizadas en genética, más rápidas y densas. Puede llegar a ser la manera de producir nanoestructuras de manera masiva y constituir el primer paso en la evolución de las herramientas que se necesitarán para fabricar nanomáquinas, que luego sean capaces de hacer copias de sí mismas y construir otras: los nanorobots.

También a finales de los años del siglo XX el estudio de las multicapas magnéticas nanoestructuradas dio lugar al descubrimiento de un nuevo fenómeno cuántico: la magnetorresistencia gigante (GMR). En menos de diez años, su uso en los cabezales de lectura de los discos duros permitió elevar su capacidad para almacenar información de hasta 3 gigabits/cm² y creó un mercado que ya alcanza los 35 mil millones de USD.

e) El descubrimiento de los nanotubos de carbono.

En 1991 un científico japonés, Sumio Lijíma, observó e informó la existencia de los nanotubos de carbono, uno de los descubrimientos de mayor importancia para el desarrollo de la nanotecnología. Los mismos constituyen, conjuntamente con los fullerenos anteriormente descritos, nuevas formas alotrópicas del carbono además de las tradicionales —el diamante y el grafito (Figura 2).

Lijima detectó la formación de los nanotubos cuando en el proceso experimental que llevaba a cabo varió de corriente alterna a corriente directa el suministro de energía de un arco de carbono, apareciendo entonces estructuras tubulares en los depósitos de uno de los electrodos.²

Los nanotubos están constituidos completamente de carbono y compuestos por redes hexagonales de átomos de carbono, enrolladas en

espiral formando cilindros concéntricos de diámetros que van desde dos hasta varias decenas de nm y de longitudes de hasta 1000 nm.

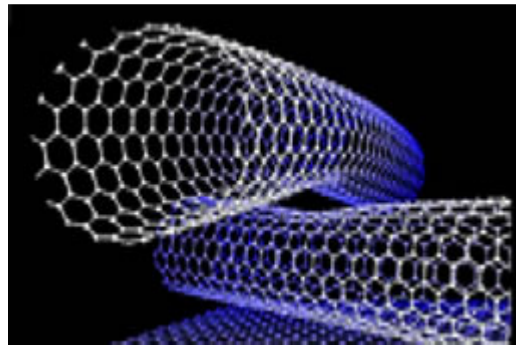


Fig. 2 Nanotubos de carbón ⁴

Los nanotubos poseen propiedades excepcionales. Tienen una increíble fortaleza —son varios cientos de veces más fuertes que el acero — ; propiedades electrónicas inusuales ya se han fabricado dispositivos electrónicos sencillos como diodos, conmutadores y transistores utilizando nanotubos, mucho más pequeños que sus equivalentes de silicio empleados en las pastillas de las computadoras personales actuales — ; una capacidad para adsorber hidrógeno cinco veces mayor que la de las mejores aleaciones utilizadas para este fin y una excelente estabilidad química.

Con ellos se puede encapsular otros materiales como nanopartículas magnéticas para almacenar información en memorias más protegidas y se puede, por citar otro ejemplo, inmovilizar proteínas. Sus propiedades eléctricas pueden modularse desde semiconductoras a metálicas y se comportan como hitos cuánticos que a temperatura ambiente soportan sin disipación altas densidades de corriente. Presentan además un fuerte efecto de punta que los convierte en una excelente fuente fría de electrones, con una descarga en forma de anillo bajo tensiones 5 a 10 veces menores que lo habitual. Esta propiedad está siendo utilizada a fin de desarrollar nuevas pantallas fluorescentes para computadoras. Los nanotubos ya se utilizan

como sondas en los microscopios de fuerza atómica y son candidatos de fuerza para el desarrollo de sondas nanométricas Integradas.²

CAPÍTULO 2.

*TERMINOLOGÍA, CARACTERÍSTICAS Y
MÉTODOS DE OBTENCIÓN NANOMÉTRICA*

Capítulo 2

TERMINOLOGÍA, CARACTERÍSTICAS Y MÉTODOS DE OBTENCIÓN NANOMÉTRICA.

“La nanotecnología nos brinda la capacidad de diseñar materiales con características totalmente nuevas”

2.1. Nanociencia

Estudio de fenómenos y manipulación de materiales a una escala atómica, molecular y macromolecular en la que las propiedades difieren significativamente de las observadas a gran escala (<100 nm).⁵

2.2. Nanotecnología

Se conoce también como tecnología atómica, tecnología molecular o tecnología gris. Trabaja en escalas del orden de una milésima de millonésima de metro (10^{-9} m). El enfoque de investigación y desarrollo (I+D) está dirigido a diseñar, controlar y modificar materiales orgánicos e inorgánicos, a través de la miniaturización de componentes a rangos del nivel de un submicrón hasta niveles de átomos individuales; está regido por la física y la química cuánticas, que difieren a microescala y mesoescala, de tal forma que las propiedades de los materiales cambian de manera drástica (Fig. 3).

La nanotecnología, también tiene aplicaciones odontológicas en los materiales dentales, al ser adicionados componentes o elementos a escala nanométrica en algún paso del proceso tecnológico. En definitiva un

composite con nanotecnología, incorpora partículas cerámicas de esa escala a manera de relleno. Mejor dicho, combinan partículas grandes (con tamaño promedio de 1 micrón) con otras de longitudes pequeñas nanométricas.⁵

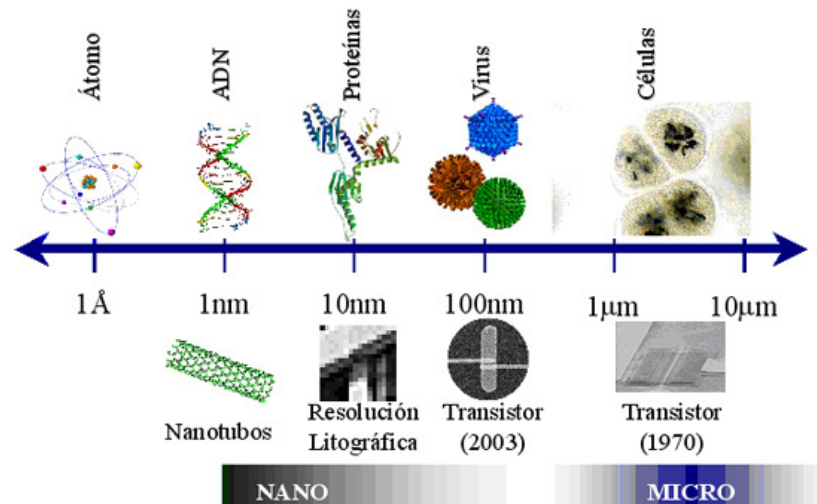


Fig. 3 Escala de dimensiones, comparación de las estructuras naturales y manufacturadas.⁶

2.3. Nanómetro

Los nanómetros son medidas de longitud que equivalen a la mil millonésima (10^{-9}) parte del metro. En otras palabras a la milésima parte de un micrón, que a su vez, es la milésima parte de un milímetro. Es decir, un nanómetro equivale a la millonésima parte de un milímetro, que sería equivalente a diez átomos de hidrógeno, y en escala, un nanómetro, luciría como un balón de fútbol, contemplado a un costado del planeta Tierra (Fig. 4).⁵

Las partículas que se emplean en los nanocomposites poseen entre 20 y 60 nm y se obtienen a través de un proceso de sílice coloidal. No son nuevas dentro de la tecnología de los materiales dentales aunque sí es novedoso el tratamiento superficial con silanos que las integran a la matriz orgánica del composite y que evitan que se aglomeren. El problema con estas diminutas partículas: tienden a aglomerarse (y a formar partículas más grandes) y al

hacerlo no se comportan como nanopartículas y no pueden ser aprovechadas sus ventajas. Al ser partículas tan pequeñas, por lo tanto numerosas, constituyen superficies muy extensas y poseen elevada energía superficial (Fig. 5).



Fig. 4 Comparación nanométrica⁵

2.4. Características de las nanopartículas

Por ser tan reducidas en tamaño no reflejan la luz. Se sabe que un cuerpo reflejará la luz (y tendrá color y opacidad) cuando tenga un tamaño mínimo similar a la mitad de la longitud de onda menor del espectro de luz visible (que es 400 nm) o sea que ese cuerpo deberá tener más de 200 nm para reflejar la luz. Las nanopartículas son de tamaños menores por lo que las ondas de luz no rebotan en ellas. Es decir que se comportan como transparentes, la luz las atraviesa sin reflejarse en ellas (Fig. 6).⁵

Otro aspecto a considerar es que las nanopartículas tienen (en virtud de su tamaño) comportamientos atípicos de sólidos es decir se comportan también como líquidos.

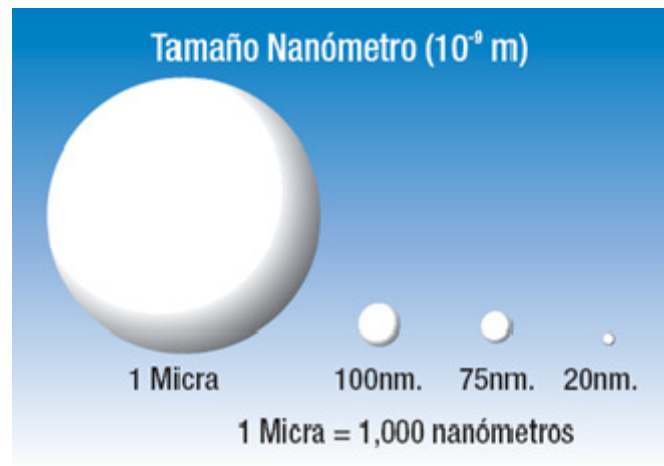


Fig. 5 Comparación tamaño de partículas ⁷

Pero estas características, se transparentes y comportarse como líquidos, las invalidan como material de relleno único: deben acompañarse de partículas más grandes, de tamaño promedio de 1 micrón.

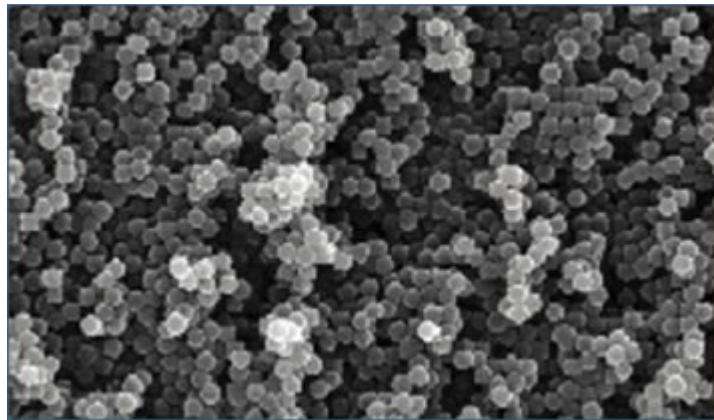


Fig 6. Nanoparticulas ⁵

Estas partículas actuarán como soporte o andamiaje para las nanométricas y otorgan la viscosidad al material, regulan la consistencia, dan el color y la opacidad y dan radiopacidad.

Justamente, las distintas formas de otorgar ese andamiaje a las nanopartículas es la diferencia más importante de los distintos desarrollos comerciales. ⁵

2.5. Producción de nanoestructuras

Desde el primer proceso usado en los primeros años de la década del 80 (condensación de gases) hasta hoy, han aparecido al menos treinta procesos diferentes para producir materiales nanoestructurados ya sea en forma de polvo finamente dividido o ya sea como recubrimientos superficiales, o bien productos de dimensiones muy pequeñas. Se trata de una verdadera síntesis, es decir, un conjunto de procesos físicos y químicos mediante los cuales átomos y moléculas se combinan para dar lugar a un material cuya utilidad dependerá de la medida en que ese proceso permita obtenerlo en cantidad, calidad y forma acordes con su uso funcional y bajo costo. La síntesis de materiales nanoestructurados puede ser llevada a cabo mediante procesos de síntesis (en fase líquida, vapor o sólida) usados desde hace mucho tiempo para la producción de algunos materiales tradicionales; con oportunas modificaciones de los mismos para obtener estructuras nanométricas (povos o películas delgadas). En lo que sigue se indicarán los principales procesos.

2.5.1. Técnicas “bottom up” o de síntesis de materiales estructurados.

Estas técnicas permiten obtener (Fig. 7): povos de granulometría muy fina, que pueden ser compactados para obtener productos de variadas características y dimensiones, o dispersados en el interior de otro material, para modificar de algún modo sus características; capas delgadas depositadas sobre substratos diversos, que tienen ya importantes aplicaciones; bloques nanométricos que se pueden compactar a través de manipulación atómica con técnicas que aún están a nivel de laboratorio.⁸

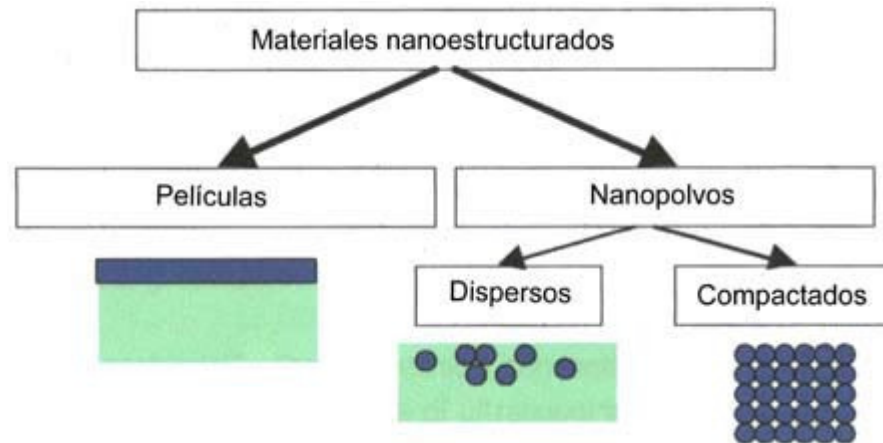


Fig 7. Las distintas vías para obtener un material nanoestructurado⁸

a) Procesos en fase líquida

1. **Sol-gel:** Se parte de un precursor constituido por una solución de una sal metálica o un compuesto órgano metálico. Esta solución se trata de manera de producir una suspensión coloidal de partículas (micelas inversas) de dimensiones del orden de los 1,000 nm (el sol). Ulteriores tratamientos permiten la formación de un gel semisólido que da origen a una película delgada o a polvos nanométricos.
2. **Atomización mediante corriente de gas:** Se hace impactar sobre un metal fundido un fluido, típicamente un gas inerte, a elevada velocidad. Se forman así pequeñísimas gotas que, impactando entre sí, se rompen dando lugar a un polvo nanocrystalino. Este método permite producir cantidades significativas de polvos a costos relativamente bajos, pero su aplicación está limitada a los metales. ⁸
3. **Electrodeposición:** La base de estos procesos es conocida y aplicada desde hace mucho tiempo en galvanoplastia. Se trata de descomponer una solución mediante el pasaje de una corriente eléctrica. Controlando el proceso de manera adecuada, el producto de la descomposición se

obtiene en forma de polvo o bien de un recubrimiento nanoestructurado. En la medida que se pueda aplicar, esta técnica es poco costosa y apropiada para producciones a escala industrial.

4. **Procesos "sonoquímicos"**: Esta técnica permite obtener nanopolvos en cantidades importantes mediante la acción de ultrasonidos sobre soluciones de compuestos por lo general de tipo organometálico. La acción de los ultrasonidos genera cambios repentinos de presión y temperatura muy localizados, que descomponen la solución formando nanopartículas.⁸

b) *Procesos en fase de vapor*

1. **Procesos con aerosoles.** Estos procesos son corrientemente utilizados para la obtención de polvos ultrafinos (partículas de diámetro inferior a 100 nm) y un control adecuado del proceso permite llegar a dimensiones del orden de los 10 nm. Los procesos con aerosoles pueden utilizarse también para obtener recubrimientos de capas delgadas. Para la producción de los polvos se utiliza un aerosol (fase líquida o sólida finamente dispersa en un gas) evaporando el líquido precursor en gotas submicrométricas distribuidas en un gas a baja presión; en una cámara de reacción a mayor temperatura se evapora o quema el solvente, y las partículas dispersas experimentan reacciones químicas que, debidamente controladas, dan origen a polvos de la composición deseada, que se enfrían con sistemas adecuados. Las capas delgadas pueden obtenerse haciendo reaccionar las gotas submicroscópicas sobre un sustrato caliente, o haciendo evaporar el solvente en la cercanía del sustrato. Los reactores más utilizados para la producción de estos polvos son a gas,

pero existen otros tipos (a plasma, a láser, pirolíticos), que pueden resultar más convenientes para aplicaciones particulares.

2. **Deposición en fase vapor.** Estas técnicas se utilizan corrientemente, desde antes del desarrollo de las nanotecnologías, para obtener recubrimientos superficiales en escala industrial (por ejemplo, obtención de herramientas de corte, de vidrios reflejantes para cerramientos, etcétera). Las técnicas de deposición en fase vapor se pueden clasificar en tres grupos: deposición física en fase vapor o PVD (de "physical vapor deposition"), deposición química en fase vapor o CVD (de "chemical vapor deposition") y atomización térmica.⁸

- **La PVD** se lleva a cabo sin que intervengan reacciones químicas, llevando a fase vapor un elemento o un compuesto (por calentamiento, láser, plasma, descarga eléctrica o bombardeo iónico), para luego condensarlo sobre un sustrato. Para mejorar la adherencia y la calidad de la capa se puede recurrir también a un bombardeo iónico. Con modificaciones apropiadas de los procesos se pueden obtener capas delgadas constituidas por nanoestructuras, por ejemplo, haciendo la deposición por medio de haces de pequeños agregados de pocos átomos, obteniendo así capas con propiedades mecánicas, ópticas y eléctricas distintas de las capas normalmente depositadas por PVD. También depositando una capa de átomos sobre otra de manera controlada, utilizando la técnica denominada epitaxia de haces moleculares (MBE, "molecular beam epitaxy"). Esta última técnica se usa para fabricar los materiales denominados GMR ("giant magnetoresistance read head"), en los cuales la resistencia eléctrica cambia drásticamente en presencia de un campo magnético, propiedad de gran interés para los sistemas de lectura de los discos rígidos de las computadoras, o para la

realización de sistemas magnéticos de refrigeración que no utilizan ningún líquido refrigerante.

- **La CVD.** El compuesto químico que contiene el precursor de la sustancia que se quiere depositar, debe ser llevado a fase vapor mediante calentamiento. En una segunda etapa, en una atmósfera adecuada, se produce su descomposición, con lo cual precipita la sustancia de interés sobre el sustrato predefinido, a una temperatura elevada igual a la temperatura de los gases presentes. Se puede reducir la temperatura del sustrato favoreciendo la reacción mediante la irradiación con electrones o fotones que favorezcan la descomposición del vapor a través de reacciones fotoquímicas. Con la CVD activada por electrones se realizan corrientemente recubrimientos superficiales de alta resistencia mecánica, como los de carbono tipo diamante o los de carburo de boro cúbico. Como en el caso de la PVD, el control adecuado del proceso permite obtener capas delgadas nanoestructuradas con mejores características y para diversos campos de aplicación. También se usa la CVD, ya desde hace tiempo, para la fabricación de las preformas de las cuales se estiran las fibras ópticas para la transmisión de comunicaciones.⁸
3. **Atomización térmica.** Este procedimiento se utiliza en la actualidad para recubrir superficies con capas resistentes a agentes químicos y sollicitaciones termomecánicas, mediante el rociado a alta temperatura de polvos formados por micropartículas. La técnica de spray térmico más generalmente utilizada es el plasma spray. La misma consiste en tratar la superficie con partículas de polvo transportadas por un gas previamente ionizado - el plasma - a alta temperatura y gran velocidad. En el momento del impacto con la superficie, las partículas se depositan primero como microláminas prácticamente líquidas que solidifican mezclándose con el material de la misma superficie, y luego se adhieren una sobre la otra,

hasta formar una capa muy densa. Se prevé que el uso de nanopolvos ampliará considerablemente las posibilidades de esta técnica gracias a un mejoramiento sustancial de las características de las capas depositadas, modificadas "a medida" para los requisitos específicos.

2.5.2. Técnicas “Top down”

Literalmente desde arriba (mayor) hasta abajo (menor). Los mecanismos y las estructuras se miniaturizan a escala nanométrica. Este tipo de Nanotecnología ha sido el más frecuente hasta la fecha, más concretamente en el ámbito de la electrónica donde predomina la miniaturización.

a) Procesos en fase sólida

Consiste en la molienda de granos de material hasta llegar a las dimensiones nanométricas. Se trata de la molienda extrema de materiales (ultra molienda), en sofisticados molinos a esferas, seguida luego por tratamientos térmicos adecuados. Esta técnica deriva de los métodos de conminución ampliamente utilizados en numerosos sectores productivos, desde la industria cementera hasta la alimentaria y farmacéutica. Los materiales cerámicos avanzados, que requieren la producción de polvos micrométricos de alta pureza, han permitido estudiar a fondo los problemas energéticos y de contaminación que se presentan en la producción por molienda de materiales ultrafinos, y que actualmente pueden ser reducidos aceptablemente. Así, esta técnica, ya disponible en el mercado, puede ser utilizada para la preparación de materiales nanoestructurados.⁸

2.5.3. Nuevas técnicas en fase de experimentación

En un campo como el de las nanotecnologías, en rápida evolución, y en el cual, en los países desarrollados, los entes estatales y las principales empresas están invirtiendo importantes recursos, se proponen

continuamente nuevas técnicas. La mayor parte de las mencionadas en los párrafos precedentes se han originado en técnicas micrométricas conocidas y aplicadas desde hace tiempo. Si bien sus aplicaciones a escala nanométrica están aún lejos de una optimización operativa y económica, tales técnicas aparecen hoy como las más prometedoras a corto plazo.

Existen otras técnicas que revisten un interés potencial para su aplicación práctica, pero que no están todavía suficientemente desarrolladas como para hacer previsiones realistas sobre la factibilidad técnico-económica de su difusión en el campo de los materiales. En particular pueden mencionarse:

1. Las técnicas de auto ensamblaje, que consisten en lograr que pequeños grupos de moléculas se unan "automáticamente" según estructuras predefinidas, como ocurre en los sistemas biológicos naturales (por ejemplo en la formación del ADN), utilizadas ya en la biotecnología. Se podrían producir de esta manera nuevos materiales de origen biológico y dispositivos electrónicos, incluidos los realizables con polímeros, eliminando el proceso litográfico.
2. La manipulación de los átomos que se puede realizar por medio del microscopio de fuerza atómica (AFM, "atomic force microscope"), y del microscopio de barrido por efecto túnel (STM, "scanning tunneling microscope"). Estos instrumentos, además de proporcionar imágenes de superficies con resolución atómica, pueden utilizarse para posicionar átomos o moléculas sobre la superficie de un material. Este posicionamiento de los átomos puede ser de tipo sustancialmente físico de manera de formar estructuras bidimensionales, o bien rompiendo enlaces químicos y formando nuevos entre los átomos de la superficie. La manipulación atómica se encuentra aún en las primeras fases de experimentación a escala de laboratorio.⁸

3. Los haces de agregados de átomos o moléculas ("clusters") que se puedan generar vaporizando un material y haciéndolo condensar en una cámara especial. Luego los "clusters" se hacen expandir en otra cámara a velocidades supersónicas controlando la diferencia de presión entre ambas cámaras.⁸

CAPITULO 3.

*NANOTECNOLOGÍA EN MATERIALES
DENTALES*

Capítulo 3

NANOTECNOLOGÍA EN MATERIALES DENTALES

3.1. Adhesivos dentales.

En Odontología, son los sistemas adhesivos los que cumplen el rol de compatibilizar las superficies dentarias y del material de restauración. Dentro de ellos, están los sistemas adhesivos usados con las resinas compuestas, los cuales se presentan en una gran gama y variedad de productos, los cuales se pueden clasificar de diferentes formas dependiendo de sus características, composición, sistema de endurecimiento, etc.

a) Unión a dentina, se pueden clasificar en:

1. Adhesivos dentinarios con unión a la parte inorgánica de la dentina.
2. Adhesivos dentinarios con unión a la parte orgánica de la dentina.

Esta clasificación resulta ser más didáctica que la que postulaba la división de los adhesivos en tres grupos distintos, de acuerdo al mecanismo de acción intrínseco del compuesto y que eran:

1. Adhesivos dentinarios con unión a la hidroxiapatita.
2. Adhesivos dentinarios por infiltración dentinaria con monómero.
3. Adhesivos dentinarios por unión a las fibras colágenas.⁹

b) Estrategia adhesiva: esta clasificación de los adhesivos es presentada básicamente según el número de pasos clínicos a seguir en su aplicación, y de acuerdo a ello encontramos:

1. Adhesivos de grabado total: incluye el ácido fosfórico grabador para esmalte y dentina y una botella de primer adhesivo.

2. Adhesivo de autograbado: incluye un primer autograbador en el cual se combina el ácido y el primer en un solo procedimiento, siguiendo después con la aplicación de una resina adhesiva en algunos casos o directamente con el material restaurador en otros.

3. Adhesivos de vidrio ionómero modificado con resina: incluye al ácido polialquenoico grabador y una botella del primer adhesivo. ¹⁰

c) Cronología: la clasificación más usada en los adhesivos es de base cronológica, es decir, más o menos en el tiempo que estos materiales se han puesto en el mercado. Se consideran seis generaciones de sistemas adhesivos:

La *primera generación* corresponde a adhesivos utilizados para pequeñas restauraciones clase III y clase V, cuyas preparaciones cavitarias eran similares a las de amalgama y frecuentemente se observaba sensibilidad postoperatoria, teniendo un mal desempeño clínico en las lesiones clase V.

Principalmente buscaban adhesión química a la superficie dentaria, lo cual buscaron a través de una reacción de quelación entre el calcio superficial y un comonomero de NPG-GMA desarrollado por Bowen en 1965, pero en estudios experimentales obtuvo bajas cifras de resistencia adhesiva, del orden de los 2-3 Mpa. Estos adhesivos no trataban la dentina y se componían de resinas hidrofóbicas. ¹¹

Los de *segunda generación*, aparecieron en la década de los ochenta, intentaron usar el barro dentinario como superficie de unión, necesitaban de cavidades retentivas, que mostraban extensas microfiltraciones en los márgenes terminados en dentina utilizaron fosfatos polimerizables añadidos al Bis-GMA para aumentar la adhesión a las estructuras mineralizadas del diente, por medio de una reacción iónica entre los grupos fosfatos negativos y el calcio con carga positiva. Presentaban bajos valores de resistencia

adhesiva, del orden de 7 MPa., esto se debía principalmente a que se unían al barro dentinario y no a la dentina.¹²

La *tercera generación* introdujo el uso de un sistema de dos componentes: un agente imprimante y el adhesivo. El primer o acondicionador dentinario era aplicado antes del agente de unión, logrando modificar o eliminar la capa de barro superficial permitiendo la penetración de la resina hacia la dentina subyacente, buscando así lograr una unión micromecánica y no química. Estos materiales presentaban mayor humectabilidad y adhesión alcanzando valores de resistencia entre 9 a 19 MPa, además los diseños cavitarios eran menos retentivos.¹³

La *cuarta generación*, presentaba la formación de una capa híbrida en la dentina, basada en la impregnación y difusión de la resina de enlace en la dentina descalcificada, polimerizando interdigitada con la malla de colágeno. Los conceptos de grabado ácido total para eliminar el barro dentinario y adhesión sobre dentina húmeda con desmirelización de la superficie y exposición de la trama colágena, son propios de esta generación de adhesivos, aplicándose en tres pasos que son el acondicionamiento ácido, la imprimación y la capa adhesiva propiamente tal. Su alta adhesión del orden de 16-23 Mpa., y baja sensibilidad postoperatoria permitió realizar restauraciones de composite en piezas posteriores.¹⁴

Los de *quinta generación* combinan en una sola botella el agente imprimante y el adhesivo, por lo que son conocidos como sistemas monobotella, presentan instrucciones simples y no requieren la necesidad de mezclar componentes, por lo que reducen los pasos clínicos al aplicarse. Requieren grabado con ácido fosfórico, los tiempos operatorios son igualmente largos respecto a los otros sistemas. Presentan una baja sensibilidad postoperatoria.¹⁵

Los de *sexta generación* corresponden a los adhesivos de autograbado, por lo tanto, eliminan el grabado y enjuague, eliminando el riesgo de colapso de las fibras colágenas, dejan un residuo de capa de barro dentinario (Fig. 8).¹⁵

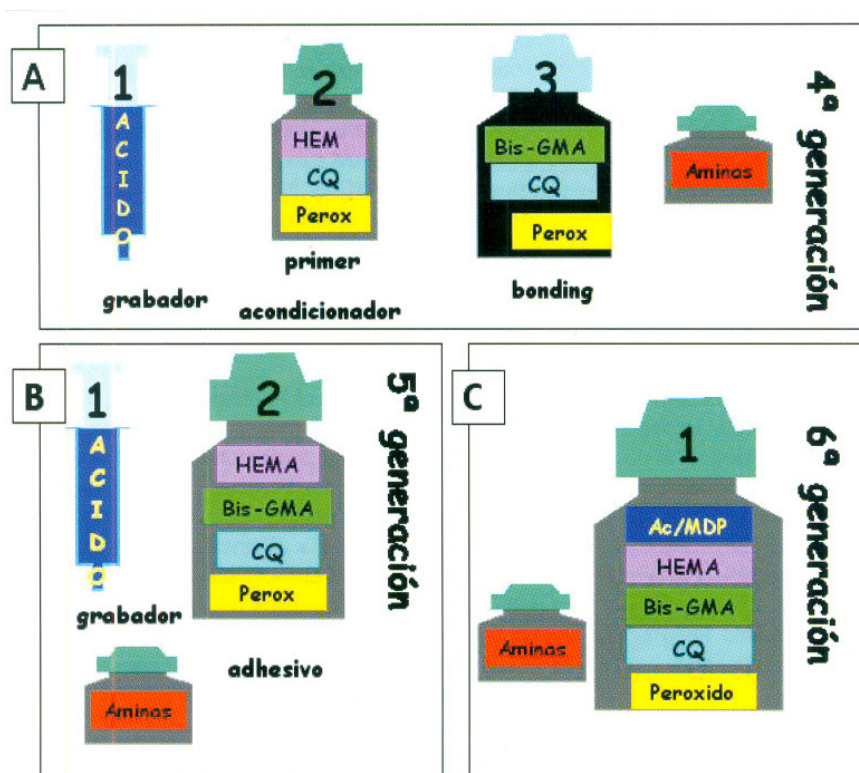


Fig 8. Equilibrio hídrico en técnica húmeda: A dentina excesivamente seca, colapso de las fibras colágenas. B dentina sobre humedecida disolución del adhesivo y formación de cuerpos hibroides. C humedad adecuada correcta impregnación.¹⁶

d) Mecanismo de polimerización:

1. Fotopolimerización: Optibond Solo Plus, Excite, Single Bond.
2. Autopolimerización.
3. Dual: All Bond.¹⁷

e) **Tipo de solvente:** los adhesivos dentinarios pueden llevar distintos tipos de solventes en su composición, los que pueden ser:

1. Acetona: que es más volátil, se evapora rápidamente, excelente perseguidor del agua, aunque es un fuerte agente de secado (riesgo de desecar la dentina).
2. Agua: buena capacidad de penetración, posibilita el autograbado, tiene una evaporación lenta por lo que dificulta la remoción, el remanente de agua puede poner trabas a la penetración y polimerización de la resina.
3. Alcohol: excelente capacidad de penetración, buen compromiso respecto a la evaporación, buena energía superficial para mojar la capa de fibras colágenas expuestas. En los adhesivos autograbantes, generalmente el agente imprimante contiene una mezcla acuosa de alcohol, ácido y monómeros funcionales además de otros constituyentes. Este "primer" ácido de autograbado puede grabar esmalte y dentina simultáneamente y promueve la difusión de monómero dentro de las superficies desmineralizadas del diente, aunque ha mostrado una menor capacidad de grabado porque su pH es relativamente mayor comparado con el ácido fosfórico grabador.

Algunos investigadores como Prati concluyeron que el sistema de grabado con ácido fosfórico muestra mejores resultados clínicos en el esmalte que el sistema de autograbado. Con estos resultados parecería ser que la capacidad del "primer" de autograbado no es adecuada para acondicionar el esmalte.¹⁰

Dentro de los sistemas adhesivos utilizados en la actualidad, los que gozan más de las preferencias de los profesionales, son aquellos en los cuales su forma de uso es más simple, disminuyendo los pasos que se deben seguir para su aplicación clínica y aumentando el porcentaje de éxito con su utilización, en este sentido los sistemas adhesivos que más han experimentado avance en estos últimos años son los que incorporan las

técnicas adhesivas de grabado ácido total y Primer Autograbante, sin perjuicio de que todos los sistemas adhesivos mencionados proponen formas diferentes de acondicionar la superficie dentinaria para la realización de los procesos adhesivos.¹⁰

El crecimiento de la odontología adhesiva ha sido sólo posible por el desarrollo de adhesivos dentales potentes. El camino ha sido muy largo desde los primeros productos disponibles hasta los adhesivos disponibles hoy. La fuerza de adhesión e integridad marginal han aumentado considerablemente; la adhesión se ha ampliado de sólo a esmalte, a esmalte y dentina, y las técnicas de aplicación se han simplificado infinitamente comparado con los adhesivos iniciales. a continuación se detallaran las que comúnmente más se utilizan:

3.1.1 Adper Single Bond 2.

El sistema Adper Single Bond 2 es presentado como la evolución natural del sistema adhesivo adper single bond, la principal diferencia entre ambos radica en la incorporación de un 10% de partículas de relleno inorgánico de silicio de 5nm. de diámetro en su composición, lo que aumentaría y favorecería sus propiedades tanto físicas como mecánicas (Fig. 9).¹⁷



Fig 9 Adper Single Bond¹⁷

Composición. Este adhesivo presenta una solución de agua, etanol, HEMA, Bis GMA, dimetacrilatos, un sistema fotoiniciador no especificado por el

fabricante, un copolímero funcional de metacrilato de ácido poliacrílico y poliitacónico. Diseñado para lograr una adhesión en húmedo con el fin de no provocar un excesivo desecamiento de la dentina.

La Nanotecnología que sugiere este nuevo sistema es la incorporación de un 10% de partículas de silicio esféricas de 5nm. de diámetro en peso, incorporadas al adhesivo previo tratamiento de silanización y procesos para evitar la aglomeración, además su tamaño pequeño mantendría las partículas dentro de una suspensión coloidal y no provocaría su almacenamiento en el fondo del frasco por lo que no se necesitaría agitarlo antes de su uso. Las indicaciones de uso para este tipo de adhesivo son: Restauraciones directas de resinas compuestas y compómero, desensibilización de la superficie radicular, reparaciones de composites y porcelanas.

El sistema adhesivo presenta rango de valores de resistencia adhesiva informados por el fabricante para la aplicación de fuerza de cizallamiento de 29.7 ± 6 MPa., promedio para esmalte y 28.9 ± 1.8 MPa., promedio para dentina, para la aplicación de fuerzas de micro tensión el estudio es externo al fabricante y los valores fueron mayores del orden de 45 MPa. para dentina, pero para esmalte no fueron significativamente mayores que los valores obtenidos por los sistemas con los que fue comparados.

El sistema adhesivo Adper Single bond dos presenta un grosor de película distinto tanto para esmalte como para dentina, el grosor de la capa para esmalte es mayor de 6.4 (2.80) micrones, mientras que para dentina se presenta un grosor de capa de 4.22 (1.25) micrones.¹⁷

3.1.2 Prime & Bond NT

Contiene un relleno extremadamente pequeño (el tamaño promedio de partícula es 7 nm, que es menos del diámetro de un túbulo dentinario) en la formulación de Prime & Bond NT (Fig. 10). Como este nanorelleno es muy pequeño y la superficie se modifica químicamente, la viscosidad del adhesivo no aumenta prácticamente. Esto es importante puesto que el adhesivo ha de poseer una baja viscosidad para ser capaz de penetrar profundamente en la dentina.¹⁸



Fig. 10 Prime&Bond NT¹⁹

La nanotecnología resulta extremadamente útil para su uso por varias razones. La incorporación del nanorelleno en el adhesivo más similar a ambos, la dentina y el material restaurador. Por ejemplo la dentina también es un material compuesto que consiste en cristales de apatita que le confieren la resistencia del material, y de colágeno que le da la dureza. En el adhesivo, las mismas funciones las realizan diversas sustancias: el nanorelleno aporta resistencia y la matriz de resina suministra la dureza necesaria (Fig. 11).¹⁸

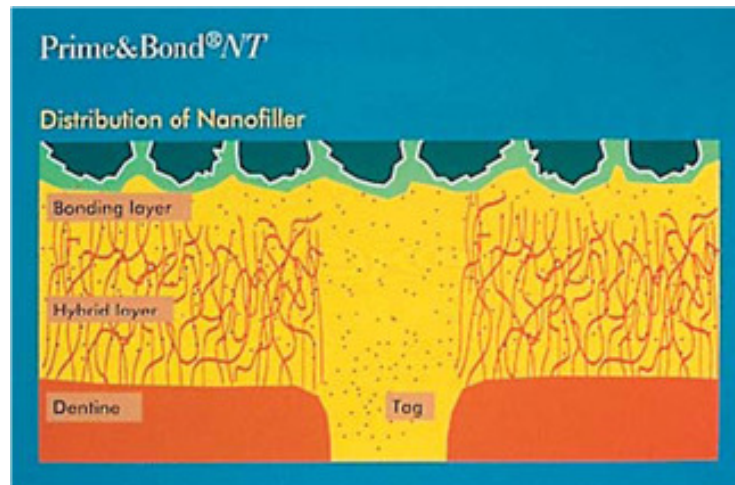


Fig. 11 Distribución del nanorrelleno ¹⁸

Incluso, el nanorelleno es tan pequeño que es capaz de formar parte de la capa híbrida, compuesta por el adhesivo y la dentina modificada (Fig. 12) ello refuerza directamente, el área más importante de la interfase adhesiva (Fig. 13).¹⁸

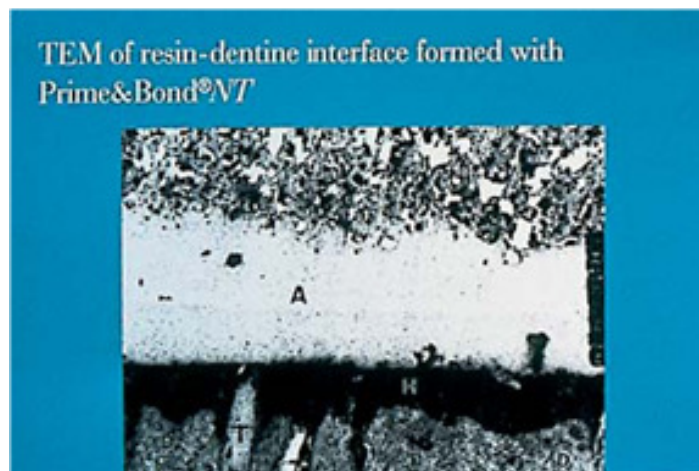


Fig. 12 Interface del adhesivo ¹⁸

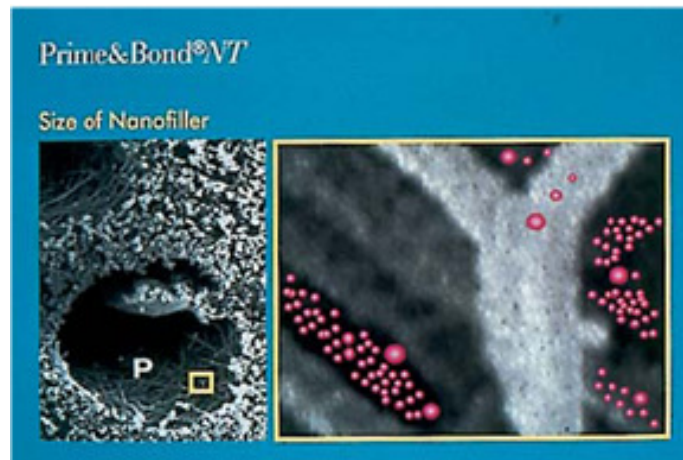


Fig. 13 Penetración de nanorrelleno ¹⁸

Composición. Resinas de di- y trimetacrilato, PENTA (dipentaeritrol pentacrilato monofosfato), fotoiniciadores, estabilizadores, microrellenos: sílica amorfa, hidrófluoruro de dióxido de silicio, acetona.

Gel Acondicionador Dental del 34% de Caulk : Agua, ácido fosfórico al 34%, dióxido de silicio, surfactantes, colorante azul. ¹⁸

Indicaciones

- Restauraciones directas de composite y de compómero polimerizadas con luz.
- Restauraciones indirectas; carillas cementadas de resina y polimerizadas con luz.
- Reparaciones de composite, cerámica y amalgama.
- Barnizado de la cavidad para su uso con amalgama fresca. ¹⁸

Contraindicaciones

- Pacientes que tengan un historial de reacciones alérgicas agudas a las resinas de metacrilato o a cualquiera de los componentes.

- Aplicación directa en tejido de pulpa dentaria (recubrimiento pulpar directo).¹⁸

3.1 Cementos dentales.

Los cementos definitivos utilizados desde hace décadas son de dos tipos principalmente: convencionales y de tecnología adhesiva.

Entre los convencionales cabe destacar los cementos de oxifosfato y policarboxilato, así como los de ionómero de vidrio.

Los cementos de tecnología adhesiva son principalmente los de resina. Cada tipo de cemento tiene sus propiedades clínicas y de manipulación típicas. Así, entre los convencionales, los cementos de fosfato de zinc y policarboxilato se suelen usar en cementaciones rutinarias de piezas de metal, aunque pueden producirse casos de sensibilidad e incluso solubilidades del propio cemento con el ambiente húmedo intraoral.

Otros cementos convencionales más modernos son los de ionómero de vidrio puro, desde hace más de 20 años. Junto a la elevada liberación de ión fluoruro y la unión molecular a la estructura dental, tenemos una elevada sencillez de manipulación y la ausencia de pretratamiento adhesivo. Su uso como cemento para piezas de metal, conlleva una cierta sensibilidad a la humedad durante la etapa de fraguado.¹⁹

Un paso por encima de los ionómeros de vidrio puro son los ionómeros modificados con resina. Aquí mantenemos las propiedades de los ionómeros puros pero mejoramos la posible solubilidad en boca. Siguen siendo los cementos rutinarios para piezas de metal.

Entre los cementos de tecnología adhesiva destacan los de resina. Estos materiales permiten las más elevadas fuerzas de adhesión entre la prótesis y

la estructura dental y su mínima o nula solubilidad en entornos húmedos, así como su estética, hacen que su uso sea ideal para cementación definitiva de piezas de cerámica o composite. Por otro lado, la manipulación es algo dificultosa al requerir unos pasos previos de pretratamiento a base de grabado y adhesión dentinaria.

Por tanto, parece lógico que el trabajo de investigación y desarrollo de nuevos cementos definitivos busque un material que combine las características de manipulación sencilla de los cementos convencionales, típicamente ionómeros, junto a las excelentes propiedades mecánicas, elevada adhesión y estética de los cementos de resina.¹⁹

3.2.1. Ketac N100 (3M)

Es un sistema formado por un ionómero de vidrio modificado con resina, estético y fotopolimerizable, de dos componentes (pasta/pasta), junto a un imprimador Primer (Fig 10). Ofrece los principales beneficios típicos de otros materiales de ionómero de vidrio, junto con los beneficios adicionales de una mejor apariencia, mayor resistencia al uso y pulido. Consiste en una pasta de dos componentes envasada en el sistema de dispensado Clicker. La pasta en dos componentes ofrece mayor comodidad que los sistemas tradicionales de restauración polvo/liquido de mezcla manual.²⁰

Se debe usar con el Imprimador de Nano-ionómero, un imprimador de cavidades fotopolimerizable de un componente. Su función es humedecer adecuadamente las superficies de unión para facilitar la adherencia del restaurador de nano-ionómero modificado con resina Ketac N100. El imprimador se dispensa, aplica, seca con aire y fotopolimeriza.



Fig 14 Ketac N 100²⁰

Es preciso secar bien con aire y luego fotopolimerizar el imprimador antes de poner el nano-ionómero para que se adhiera a la estructura del diente.²¹

Indicaciones

- Restauraciones en dientes de leche
- Restauraciones pequeñas de Clase I
- Restauraciones de Clases III y V
- Restauraciones provisionales
- Llenar defectos y socavados
- Laminado/técnica sandwich
- Muñones que conservan por lo menos el 50% de la estructura coronal del diente como apoyo

En general, la estructura coronal expuesta a factores de alto estrés, por ejemplo, las cúspides, no se deben restaurar con materiales restauradores de ionómero de vidrio.

Contraindicaciones

Recubrimiento pulpar directo. Cubra las áreas cercanas a la pulpa expuesta con una pequeña cantidad de material de hidróxido de calcio de fraguado sólido o un ionómero de vidrio modificado con resina.²⁰

3.3. Resinas.

Las resinas compuestas se han introducido en el campo de la Odontología conservadora para minimizar los defectos de las resinas acrílicas que hacia los años 40 habían reemplazado a los cementos de silicato, hasta entonces los únicos materiales estéticos disponibles. En 1955 Buonocore utilizó el ácido ortofosfórico para incrementar la adhesión de las resinas acrílicas en la superficie adamantina. En 1962 Bowen desarrolló el monómero del Bis-GMA, tratando de mejorar las propiedades físicas de las resinas acrílicas, cuyos monómeros permitían solamente la formación de polímeros de cadenas lineales.²¹

Estos primeros composites de curado químico exigían mezclar la pasta base con el catalizador con los consiguientes problemas derivados de la proporción, batido y estabilidad de color.²²

A partir de 1970 aparecieron los materiales compuestos polimerizados mediante radiaciones electromagnéticas que obviaban la mezcla y sus inconvenientes, se utilizó en los primeros momentos la energía luminosa de una fuente de luz ultravioleta (365 nm), pero ante sus efectos iatrogénicos y su poca profundidad de polimerización, fue sustituida por la luz visible (427-491 nm), actualmente en uso y desarrollo.²³

El desarrollo de los composites ha sido y es incesante, lo que obliga a una continúa actualización.

La nanotecnología ha conducido al desarrollo de una nueva resina compuesta, que se caracteriza por tener en su composición la presencia de nanopartículas que presentan una dimensión de aproximadamente 25 nm y nanoagregados de aproximadamente 75 nm, estos están formados por partículas de circonio/silice o nanosilice. Los agregados son tratados con silano para lograr entrelazarse con la resina. La distribución del relleno (agregados y nanopartículas) ofrecen un alto contenido de carga de hasta el 79.5%.²⁴

Las resinas generadas con este tipo de partículas, al presentar un menor tamaño de partícula, permiten un mejor acabado de la restauración, que se observa en la textura superficial de la misma disminuyendo las posibilidades de biodegradación del material en el tiempo. Además, esta tecnología ha permitido que las cualidades mecánicas de la resina puedan ser lo suficientemente competentes para indicar su uso en el sector anterior y posterior. No debemos dejar de señalar que el hecho de presentar un menor tamaño de las partículas produce una menor contracción de polimerización, generando sobre las paredes del diente una menor flexión cuspídea además de disminuir la presencia de microfisuras a nivel de los bordes adamantinos, que son los responsables de la filtración marginal, cambios de color, penetración bacteriana y posible sensibilidad post-operatoria.²⁵

Como inconvenientes hay que señalar el hecho de que al ser partículas tan pequeñas no reflejan la luz, por lo que se acompañan de partículas de mayor tamaño, cuyo diámetro promedio se sitúe dentro de la longitud de onda de la luz visible (es decir, alrededor o por debajo de 1 μ m), para mejorar su comportamiento óptico y conseguir que actúen de soporte.

En función de la composición de las resinas compuestas, éstas se han clasificado de distintos modos con el fin de facilitar al clínico su identificación y posterior uso terapéutico. Una clasificación muy popular, todavía utilizable,

es la que, basada en el tamaño de la partícula de relleno, hicieron Lutz y Phillips; estos autores dividieron a las resinas compuestas en composites de macro relleno (partículas de 0,1 a 100 μ), micro relleno (partículas de 0,04 μ) y en composites híbridos (con rellenos de diferentes tamaños).²⁶

Una clasificación más exhaustiva fue la Willems y cols., fundamentada en diversos parámetros como el módulo de Young, el porcentaje (en volumen) del relleno inorgánico, el tamaño de las partículas principales, la rugosidad superficial y la fuerza de compresión.²⁷

a) Disminución en la contracción de Polimerización:

Es bien sabido que al poseer un composite más carga cerámica, disminuye su porcentaje de contracción. Esto ocurre por la sencilla razón que al haber más componente cerámico, hay menos de resina que es la responsable directa de la CP. Por esta circunstancia es que se pretende incorporar generalmente más carga cerámica en la formulación de los composites (al igual que para lograr una mejora en algunas propiedades mecánicas).⁵

Ahora bien, con la tecnología convencional se ha llegado a un máximo de incorporación de carga cerámica. De agregar más, el composite pierde características de manipulación adecuadas al igual que se empobrece su aspecto óptico. Se obtendrían composites muy densos, viscosos (no fácilmente manipulables) y además muy opacos (antiestéticos).

La nanotecnología permitirá incorporar más carga cerámica, reduciendo la contracción de polimerización sin perder las características ideales de manipulación de un composite y manteniendo una translucidez adecuada.

a) Desarrollo del relleno

La nanorresina contiene una exclusiva combinación de nanopartículas y *nanoclusters*. Las nanopartículas son partículas individuales no aglomeradas

y no agregadas de 20 nm. Los rellenos de *nanoclusters* son aglomerados de partículas nanométricas con uniones holgadas. Los aglomerados actúan como una sola unidad permitiendo una alta carga de relleno y alta resistencia.⁵

Los microrrellenos tradicionales están hechos de sílice pirógena con un tamaño promedio de partícula de 40 nm. Normalmente, las partículas tienden a conglomerarse (el grado de agregación varía dependiendo del relleno que se use en el producto de microrrelleno). Una mayor división de cualquier tipo de partículas agregadas en entidades más chicas no sólo es muy difícil, sino casi imposible de lograr. La estructura de las resinas de microrrelleno resulta en una carga relativamente menor de relleno. La mayoría de los fabricantes añade partículas de resina prepolimerizadas para aumentar dicha carga. Este relleno prepolimerizado se produce al agregar sílice pirógena a la resina. La mezcla es polimerizada y luego molida para formar partículas más pequeñas. Posteriormente, estas partículas se añaden a más resina y relleno de sílice. Incluso utilizando este proceso, las resinas de microrrelleno tienen mucho menos carga que las resinas híbridas, y por lo tanto menos resistencia. Adicionalmente, los grupos residuales de metacrilato unen a las partículas prepolimerizadas a la matriz de resina. La efectividad de esta unión se ve afectada por la cantidad de enlaces dobles residuales en la superficie de estas partículas. Durante la polimerización del relleno prepolimerizado la reacción se lleva casi hasta su totalidad. En consecuencia, la unión de las partículas de relleno prepolimerizadas a la resina es más débil de lo deseable y con frecuencia se observa una ruptura en esta interfase. Las resinas de microrrelleno que contienen únicamente relleno de sílice no son radiopacas. Estas propiedades han limitado la utilidad de las resinas de microrrelleno, especialmente en el área de posteriores.⁵

Las resinas híbridas y microhíbridas contienen partículas con un amplio rango de tamaños. Con la inclusión de partículas de diferentes tamaños puede lograrse una mayor carga de relleno y su consiguiente alta resistencia. Aunque es posible que contengan una pequeña porción de partículas de tamaño nanométrico, también contienen una cantidad de partículas de relleno más grandes, lo cual tiene un impacto directo en las propiedades ópticas de estas resinas y resulta perjudicial para la retención del pulido. El tamaño promedio de las partículas de las resinas híbridas y microhíbridas normalmente es menor de 1 micra, pero mayor que 0.4 micras. Como se puede observar en las microfotografías MEB de abajo, el rango superior del tamaño de las partículas puede excederse más allá de 1 micra.

Estas microfotografías MEB revelan un mecanismo de abrasión y pérdida del brillo (pulido) de las resinas compuestas. Cuando las resinas compuestas híbridas son sometidas a la abrasión, se pierde la resina que está entre y alrededor de las partículas, y dicha pérdida conduce a la proyección de las partículas de relleno (protuberancias). Con el tiempo, las partículas de relleno se desprenden de la superficie, lo que propicia la formación de cráteres. Estas protuberancias y cráteres dan como resultado una superficie áspera, que produce una pérdida de la capacidad de reflectancia (pérdida de la retención del pulido) de la superficie de la resina.

Las resinas de microrrelleno han demostrado su capacidad de retención del pulido (reflectancia de la superficie) con el paso del tiempo. Conforme la superficie de una resina de microrrelleno se erosiona, las partículas primarias del relleno (partículas de sílice de 40 nm) se pierden a una velocidad similar a la de la resina que las rodea. No obstante, debido a que las partículas de relleno prepolimerizadas son ligeramente más fuertes que la matriz de resina, la resina compuesta en general no es muy resistente a la fractura.⁵

Dado que las partículas de relleno dispuestas en *nanoclusters* consisten de partículas de tamaño nanométrico en aglomeraciones con uniones holgadas, lo que se desgasta durante la abrasión son las partículas primarias (de tamaño nanométrico) lo que se desgasta, y no los *nanoclusters*. Esto aumenta la retención del pulido de la resina compuesta polimerizada cuando se compara con las resinas híbridas convencionales. La combinación de partículas nanométricas con la fórmula de *nanoclusters* reduce los espacios intersticiales de las partículas de relleno. Esto permite una mayor carga de relleno, mejores propiedades físicas y una mejor retención del pulido.⁵

Se describen a continuación los diferentes tipos de resinas que se han incorporado recientemente al mercado del mundo del nanorrelleno.

3.3.1. Filtek Z350 (3M)

Es una nanorresina restauradora activada por luz visible, diseñada para restauraciones directas en dientes anteriores y posteriores (Fig. 15).²⁸



Fig. 15 Filtek Z 350²⁸

Composición. Contiene BIS-GMA, BIS-EMA, UDMA con pequeñas cantidades de TEGDMA.

El relleno contiene una combinación de relleno de nanosílice no aglomerado/no agregado de 20 nm y un *nanocluster* de zirconio/sílice de unión holgada constituido por aglomerados de partículas primarias de zirconio/sílice de 5-20 nm. El tamaño de partícula del agregado oscila dentro de un rango de 0.6 a 1.4 micras. La carga de relleno es de 78.5% por peso. Todos los tonos son radiopacos.

Indicaciones

- Restauraciones directas en anteriores y posteriores.
- Técnica de sándwich de resina con ionómero de vidrio.
- Reconstrucción de cúspides.
- Reconstrucción de muñones.
- Ferulización.
- Restauraciones anteriores y posteriores indirectas incluyendo inlays, onlays y carillas.

Contraindicaciones

- Pacientes con alergia conocida a los acrilatos.²⁸

3.3.2. Filtek Supreme XT

Está basado en nanómeros con un tamaño de partícula de 20 a 75 nm. Parte de estos nanómeros están unidos formando lo que se denomina nanoclusters. El resultado es una superficie de estructura suave que garantiza la calidad y retención del pulido (Fig. 16).²⁹



Fig. 16 Filtek Supreme.²⁹

Los nanomeros son discretas partículas aglomeradas de 20-75 nm de tamaño. Los aglomerados actúan como una sola unidad, lo que permite una alta resistencia. La mayoría de tonos contienen una combinación del relleno no aglomerado de 20 nm nanosilica y agregados de zirconia / sílice nanocluster (principalmente de 5-20nm) de relleno. El grupo del tamaño de las partículas gama es 0,6 a 1,4 micras (Fig. 17). La carga de relleno es de 79% en peso. La combinación de nanomeros y el nanoclusters reduce el espaciamiento de las partículas de relleno. Esto proporciona el aumento de la carga de relleno, mejores propiedades físicas y la mejora de la retención en comparación con los compuestos que contienen sólo nanoclusters.

Aunque es un nanofill, sus propiedades mecánicas y radiopacas fueron excelentes, comparables a los de los híbridos tradicionales de los composites de resina. Su rugosidad de la superficie después de pulir es similar al popular microfills. El cuerpo, esmalte, y los tonos translúcidos que sólo necesita 20 segundos para el curado adecuado.²⁹



Fig 17. Comparación de partícula con respecto a micrones³⁰

Composición. BisGMA, BisEMA, UDMA y pequeñas cantidades de TEGDMA.²⁹

Indicaciones

- Restauraciones Directas en anteriores y posteriores clases I - V
- Restauraciones Indirectas inlays, onlays y carillas
- Dientes astillados

3.3.2.1 Filtek Supreme XT Flow Restaurador Fluido

Indicaciones

- Restauraciones Directas mínimamente invasivas,
- Preparaciones cavitarias clases I, III y V
- Base Cavitaria bajo restauraciones directas
- Reparación de pequeños defectos en restauraciones indirectas estéticas

- Sellador de fosas y fisuras²⁹

3.3.3. *Tetric Evoceram (Ivoclar Vivadent).*

Es un composite de última tecnología, fotopolimerizable, nano-híbrido y radiopaco para tratamientos restaurativos.

Composición La matriz de monómero está compuesta de dimetacrilatos (17–18% en peso). El relleno contiene vidrio de bario, trifluoruro de iterbio, óxidos mezclados y prepolímeros (82–83% en peso). Además contiene: aditivos, catalizadores, estabilizadores y pigmentos (<1.0% en peso). El contenido total de rellenos inorgánicos para los colores Bleach es de 79–80% en peso ó 60–61% en volumen, para todos los demás colores es de 75–76% en peso ó 53–55 inorgánico está entre 40 nm y 3.000 nm, con un tamaño principal de partícula de 550 nm.

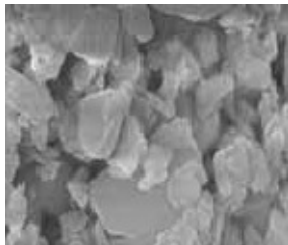


Fig 18. Rellenos 700 Nm³¹

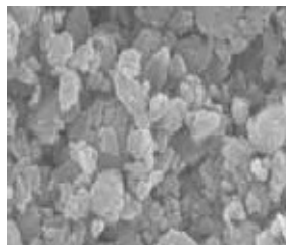


Fig. 19. Rellenos 400 Nm³¹

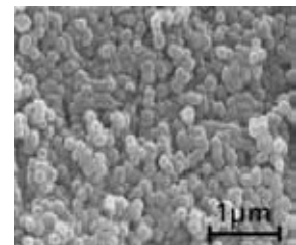


Fig. 20 Oxidos mixtos esferoidales 100Nm³¹

Los rellenos cerámicos de diferentes tamaños, son los responsables de la resistencia del material, de sus excepcionales propiedades de pulido, alto brillo y baja abrasión.

Los prepolímeros (composite polimerizado y triturado realizado con relleno, monómeros y fluoruro de Iterbio) son los responsables de la extremadamente baja contracción y de la significativa reducción del estrés de contracción.³¹

Estas propiedades, incrementan la integridad marginal de las restauraciones.

El patentado relleno fluoruro de Iterbio, es el responsable de la excepcional radiopacidad, lo que facilita considerablemente el control de la evolución de la restauración.

Los óxidos mixtos esferoidales, en proporciones óptimas, son la base para la correcta consistencia del material así como de su reducida abrasión.

Indicaciones

- Restauración de anteriores (Clase III, IV)
- Restauraciones clase V (caries cervicales, erosiones radiculares, defectos cuneiformes)
- Restauraciones en la zona de posteriores (Clases I y II)
- Carillas en dientes anteriores decolorados
- Fijación de dientes con movilidad
- Restauraciones de resina preventivas en posteriores y premolares
- Reparación de carillas de composite y cerámica

Contraindicaciones

- Si no se puede establecer un aislamiento del campo de trabajo o si no se puede aplicar la técnica estipulada.
- Si el paciente muestra alergia conocida a cualquiera de los componentes.³¹

3.3.4. Grandio (VOCCO)

Es un composite nanohíbrido, ya que se combinan las nanopartículas (SiO₂ de 25 a 75 nm) con otras de microrrelleno, tamaño promedio 1 micrón a manera de partícula de andamiaje.

Con este nuevo producto, VOCCO combina las adecuadas propiedades mecánicas y estéticas de un composite nanoparticulado más de una extremadamente baja contracción de polimerización: 1,57%. Esto se debe a la alta incorporación de partículas cerámicas, que alcanzan una proporción de hasta 87% en peso.

Composición. La matriz orgánica del material está constituida por dimetacrilatos como Bis GMA, TECDMA, UDMA y el sistema fotoiniciador, canforquinona más aminas terciarias.

El sistema se completa con el adhesivo monofrasco Solobond M que se presenta en blisters monodosis, lo que asegura un control de la evaporación del solvente (acetona) y el disponer siempre de una adecuada relación solvente / resina en cada aplicación.⁵

Indicaciones

- Restauraciones clase I a V
- Reconstrucción de anteriores afectados por traumatismos
- Frentes estéticos directos en anteriores
- Corrección de forma y color para mejorar estética
- Ferulización de piezas dentarias
- Reparación de frentes estéticos
- Reconstrucción de muñones

- Inlays de composite

Contraindicaciones.

- Pacientes que presentan reacción alérgica a acrilatos⁵

3.3.5. Premise TM (Kerr)

Es un composite de restauración dental hecho de resina fotopolimerizable, diseñado para colocación directa. Los tres tipos de relleno (trimodal) incorporados le confieren una gran capacidad de pulido y alta resistencia mecánica, así como disminuyen la contracción durante la polimerización, emplea canforoquinona como fotoiniciador, la cual se activa a una longitud de onda aproximada de 465 nm.³²

Presenta partículas de nanorelleno mucho más pequeñas (0,02 micras), comparadas con las 0,4 a 1 micra de las resinas híbridas. Por un tamaño de partícula más pequeño hay una subsiguiente carga de relleno más elevada, aproximadamente 84% en peso y 69% en volumen. Esta carga de relleno más elevada permite mucha menos contracción – de 1.6% (comparada con el 1.9% de Filtek Supreme, el 2.3% de Filtek Z250, el 2.9% de Esthet-X). Esta carga más elevada también permite un mejor brillo, con una restauración que logra y mantiene el pulido más fácilmente y sin perder el brillo de modo significativo a largo plazo.

Debido a un tamaño de partícula más pequeño, se produce un efecto más camaleónico, con más difusión de luz. Cuando la luz visible encuentra la partícula de relleno de 0.02 micrones, la luz se difunde más que con una partícula de compuesto más grande.³³

Las otras ventajas son que la resistencia no está comprometida, incluso con la estética mejorada; la resistencia de flexión (128 Mpa) se parece a muchos composites híbridos.

Esto promete mucho porque quizás ya estamos en una etapa en que tenemos un compuesto verdaderamente universal que puede ser utilizado para restauraciones posteriores y anteriores sin ninguna de las desventajas de las que hemos aceptado con las resinas de compuestos híbridos y micro-rellenos.

Podemos construir sucesivas capas de dentina, esmalte y translúcidos, y efectos con propiedades ópticas que reflejan, refractan, absorben y transmiten como los dientes naturales. Hacer una restauración mediante capas reduce el encogimiento de polimerización y aumenta la estética de la restauración.³³

3.3.5. Esthet-X (Densply)

Es un composite, que contiene un nuevo vidrio y nanorellenos de sílice que logran el efecto camaleón en las restauraciones (es decir que se pierde la restauración en el diente) además, se logra un alto brillo y extrema resistencia, radio-opaco, fotopolimerizable con luz visible, para la restauración de dentición primaria y permanente tanto en sector anterior como posterior (Fig. 21). Debe ser usado con adhesivos disponibles de dentina/esmalte y es compatible con todos los adhesivos diseñados para la utilización con composites fotopolimerizables.

Este composite fotopolimerizable, uni-componente, está envasado en puntas de Compules pre-dosificadas y en jeringas.³⁴



Fig. 21 Esthet-X³⁵

Composición. Matriz de resina (Bis-GMA, Bis-EMA y triethylene glicol dimetacrilato), Foto iniciador de Canforoquinona (CQ), Estabilizador y Pigmentos

La combinación del relleno consiste en cristales de boro silicato de bario fluoro aluminio con un tamaño medio de partícula de menos de $1\mu\text{m}$ y nanorelleno de sílice (tamaño de la partícula de $0.04\mu\text{m}$).

Indicaciones

- Restaurador directo para todas las clases de cavidades en dientes anteriores y posteriores.
- Realización de carillas y remodelado estético (ej., cierre de diastema, alargamiento incisal).
- Fabricación indirecta de inlays y onlays.

Contraindicaciones

- Pacientes con historia de alergia a las resinas de metacrilatos³⁴

3.3.6. Venus (Heraeus Kulzer)

Es un composite microhíbrido que presenta resistencia a la abrasión y dureza, proporciona restauraciones duraderas. Además, sus sobresalientes propiedades de manejo facilitan la elaboración de restauraciones en anteriores. Restauraciones con aspecto natural.

Partículas ultrafinas facilitan un pulido al alto brillo, comparable con el esmalte natural. Además se logra una excelente adhesión con cualquier sistema adhesivo, lo que brinda restauraciones duraderas a sus pacientes.

Composición. Es una resina compuesta Bis-GMA basada en la resina compuesta de bario boro fluoruro de aluminio y vidrio de sílice altamente dispersa dióxido de silicio. El bario de vidrio relleno promedio 0,7 micras caracteriza por una muy estrecha distribución de tamaño de partícula. El sílice coloidal va de 0,01 a 0,04 micras. El contenido de relleno es de 78% en peso y el 61% en volumen.³⁶



Fig. 22 Venus³⁶

El esmalte translúcido y tonos requieren sólo 20 segundos para el curado adecuado. Los usuarios de productos altamente valorados por la polishability general y estética, y la rugosidad de la superficie después de pulido fue similar a otros probado microfills. El material tiene un alto grado de radiopacidad y es fácil distinguir en las radiografías.

Aunque las propiedades mecánicas del material son comparables a los de otras resinas híbridas, su diametral resistencia a la tracción es de las más bajas de los híbridos probados.³⁶

Indicaciones

Su viscosidad reducida resulta ideal para aplicaciones como:

- Sellado de fisuras
- Sellado ampliado de fisuras
- Obturaciones de clase V
- Obturaciones mínimamente invasivas de clase I y II en zonas no sometidas a fuerzas masticatorias
- Obturaciones mínimamente invasivas de clase III
- Pequeñas reparaciones de restauraciones directas e indirectas (en combinación con un adhesivo adecuado)
- Ferulización de dientes
- Recubrimiento de cavidades
- Fijación de brackets
- Correcciones menores de forma y color en esmalte y dentina.³⁶

3.3.7. Filtek Silorane (3M)

Es el primer composite específico para posteriores que contrae menos de un 1%. Este logro científico reduce hasta en un 80% el stress de polimerización lo que permite una excelente integridad marginal (fig. 23).³⁷



Fig. 23 Propiedades Filtek Silorane³⁷

Un sistema exclusivo de adhesivo asegura su gran fuerza de unión

Lograr el margen ideal comienza con la química correcta. El sistema de adhesión del Silorane con un primer autograbante y adhesivo es el único adhesivo creado para asegurarle una adhesión óptima con el restaurador de baja contracción de posteriores. Este extraordinario composite de baja contracción y el adhesivo adecuado para él se han creado para trabajar juntos incluso en las situaciones clínicas más complicadas con:

- Excelente integridad marginal
- Reduce el riesgo de stress, fractura de dentina, y
- Reduce el riesgo de sensibilidad post-operatoria.

Además de la baja contracción que hace posible solucionar los problemas clásicos de los composites en dientes posteriores ligados a la tensión de polimerización, la nueva resina de Silorano de Filtek Silorane, aporta otras características propias de esta nueva formulación química:

- Muestra unos excelentes valores de resistencia mecánica; comparables
- superiores a los de los mejores composites de base metacrilato
- Excelente estabilidad frente a la luz operatoria
- Puede manejarse bajo la luz operatoria durante 9 minutos sin problema de fraguado prematuro
- Se pega muy poco al instrumental y se modela con facilidad manteniendo la forma.
- Es un matriz de resina muy hidrofóbica. La consecuencia es que se reduce la absorción de agua por lo que la tinción exogénica y la acumulación bacteriana son menores.

Trabaja a nivel molecular para reducir drásticamente la contracción comparado con los composites con base de metacrilato.

Como el composite con base de silorano polimeriza mediante "apertura de ciclos" de monómeros conectados abriendo, allanando y extendiendo hacia cada uno de los lados. El resultado es una reducción significativa de la contracción volumétrica en comparación con los composites de base metacrilato (Fig. 24).³⁸

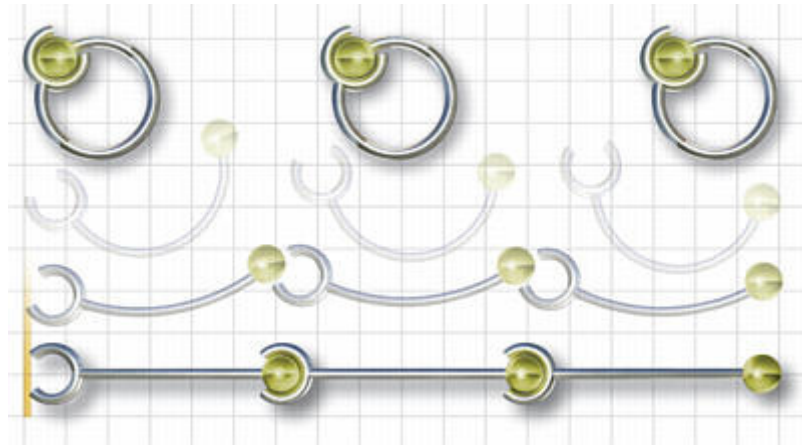


Fig. 24 Al polimerizar el composite con base de silorano, los monómeros “con apertura de anillo” se conectan entre sí abriéndose y extendiéndose entre unos y otros. El resultado es una contracción volumétrica significativamente menor que la observada en los composites con base de metacrilato.³⁸

En los composites de base metacrilato, al polimerizar las moléculas de estos monómeros lineales se conectan juntándose entre si El resultado es una pérdida de volumen (Fig. 25).³⁸

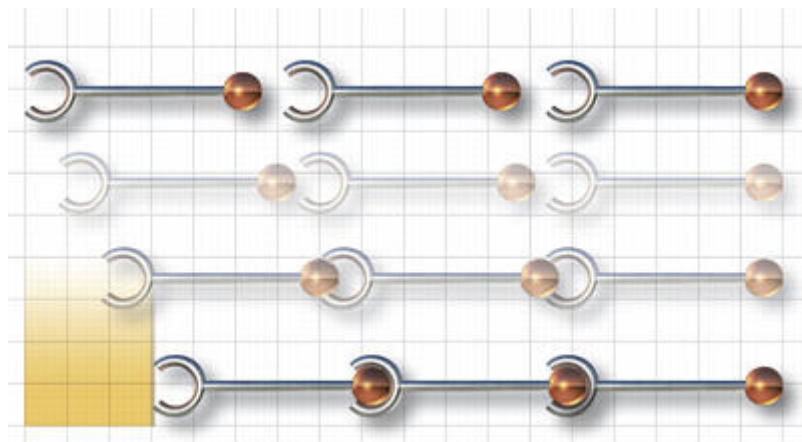


Fig. 25 Al fraguar un composite con base de metacrilato, las moléculas de estos “monómeros lineales” se conectan ACERCÁNDOSE, dando una respuesta lineal. El resultado es una pérdida significativa de volumen.³⁸

La combinación de todas estas características hacen de Filtek Silorane un composite ideal para restauraciones directas en dientes posteriores

especialmente clases I y II donde la contracción de polimerización y las tensiones que se producen como consecuencia de ésta, comprometen un buen resultado clínico a medio y largo plazo.³⁸

3.4 Materiales de Impresión

3.4.1 Elite HD

De la integración de polímeros orgánicos con partículas inorgánicas, nanofiller de 2 nanómetros (0.002 micras), nace el nanocompuesto silicónico (Fig. 26). El resultado final es una mejora notable de las propiedades de los VPS fluidos Elite® H-D+ en términos de fluidez, fuerza estructural, hidrofilia, resistencia mecánica y resistencia al calor. La introducción de partículas de tamaño y estructura nanométricos genera fenómenos de interacciones atómicas y moleculares que influye de manera macroscópica en las propiedades del material.



Fig. 26 Elite HD³⁹

Las partículas de tamaño nanométrico junto con los otros componentes del material, crean una nano-estructura en una configuración tal que permite conseguir fluideces notablemente distintas de la viscosidad inicial.

Durante la presión aplicada en la toma de impresión se consigue una excelente reproducción de los detalles infinitésimos.³⁹

Dentro de las propiedades del producto- pueden resumirse en: - Mayor exactitud en la reproducción de detalles – Mayor fluidez cuando los espacios se reducen y afilan – Mayor capacidad de penetración en el surco gingival – Mayor capacidad de desplazamiento de los fluidos orales por efecto de la alta hidrocompatibilidad. – Elevada memoria elástica – Tixotropía – Consistencias ideales, optimizadas para todas las técnicas de impresión.⁴⁰

CAPÍTULO 4.

FUTUROS AVANCES EN NANOTECNOLOGÍA DENTAL

Capítulo 4

FUTUROS AVANCES EN NANOTECNOLOGÍA DENTAL

Como se ha comentado, la nanotecnología ofrece un amplio repertorio de usos en todos los campos. Sin embargo, a la gente le sigue sonando como algo desconocido. Así que, qué mejor manera de conocerla que a través de actividades tan rutinarias como lavarse los dientes. La nanotecnología está permitiendo un gran desarrollo de nuevos biomateriales odontológicos.

Buscando otras aplicaciones que tiene la nanotecnología en odontología, se encuentran, desde su uso para adhesivos dentales, hasta en odontología estética. Recientes publicaciones del New York Times dan cifras que demuestran el gran crecimiento que está teniendo esta área de la odontología (los dentistas hacen 3 veces más trabajos cosméticos que los que realizaban hace 5 años por la aparición de mejores materiales) Estos cambios comenzaron hace unos años con el uso de la nanotecnología en los adhesivos dentales, ayudando a fortalecerlos incorporando un relleno extremadamente pequeño cuya superficie se modifica químicamente, por lo tanto, la viscosidad del adhesivo no aumenta prácticamente. Hasta las mejoras en el área de restauración con resinas con la introducción de las resinas de nanorelleno o con tecnología nanométrica específicamente. Las resinas de microrelleno son muy útiles en situaciones donde se busca una alta estética y pulido al alto brillo.

Hoy con las ventajas de la tecnología nanométrica, afirma el Dr. Daniel Adler, Profesor Titular de Operatoria Dental de la Universidad Tecnológica de México, pronto veremos a estas resinas salir poco a poco del mercado dental. De esta forma, la nanotecnología ya no solo puede aplicarse a las ciencias biológicas, industria textil, aeroespacial o a la informática, sino

también ha podido proyectarse con singular éxito a los biomateriales dentales.⁴¹⁻⁴³

4.1 Nanodontología

El desarrollo de esta área hará posible el mantenimiento de la salud oral, gracias al uso de los nanomateriales, biotecnología y nanorobots. Cuando los nanorobots micrométricos sean construidos estos tendrán un sistema específico de motilidad que le permitirán navegar con precisión dentro de los tejidos orales, pudiendo atravesar las membranas citoplasmáticas de los procesos odontoblasticos sin provocar disrupción de la misma, con lo que se logra el monitoreo del paso de los impulsos nerviosos, de manera que a través de diferentes técnicas estos pudieran alterar o interrumpirlo.⁴⁴

Las funciones nanorobóticas serían entonces controladas por una computadora interna previamente programada a las respuestas de los estímulos sensoriales. De manera alternativa el odontólogo pudiera transmitir órdenes de manera directa a través de señales acústicas similares a las que se producen con el ultrasonido.

La nanotecnología en áreas de la odontología como la ortodoncia, podrían permitir a los nanorobots manipular directamente los tejidos periodontales para producir el movimiento dental no doloroso en un tiempo corto de pocos días u horas. En el campo de la rehabilitación oral y estética es posible la utilización de materiales compuestos por nanoestructuras de carbono, zafiro y diamante para mejorar la adhesión, filtración y resistencia de los metales y cerámicas que son utilizados actualmente. En la periodoncia preventiva, se podrían utilizar dentífricos con partículas nanorobóticas que tengan la capacidad de moverse por el surco gingival en busca de materia orgánica para poderla desintegrarla y evaporarla.⁴⁴

En la endodoncia, está pensado que su posible uso estaría enfocado al manejo del dolor y la reconstrucción de tejido pulpar y dentinario. Para inducir anestesia, se podría pensar en un agente de aplicación tópica en la gingival y en el surco gingival para que esas nanopartículas migren a través del surco y la lamina propia para después entrar en los túbulos dentinales que tienen un diámetro por lo general de 1 a 4 μm y así poder llegar a la pulpa guiado por una combinación de gradientes químicos, cambios térmicos y un sistema de navegación controlado por una computadora, la cual estaría dirigida por el clínico. Una vez instaladas en la pulpa, estas partículas se unirían a las fibras nerviosas para bloquear los receptores que detectan los cambios químicos iniciales que desencadenan el impulso nervioso.

En la hipersensibilidad dentinal, se podrían aplicar nanorobots reconstructores de tejido mineralizado para que ocluyan permanentemente los túbulos expuestos. Esto aunque va de la mano de la ingeniería tisular, esta en proceso de crear nanorobots con el objetivo reemplazar tejidos completos cuando se han perdido en su totalidad, como en el caso de la pulpa, después una necrosis o de una adecuada preparación biomecánica del conducto radicular.⁴⁴

Aunque estos materiales e instrumentos nanométricos no han sido creados para el uso endodóntico, quizá toda esta nanotecnología pueda ser desarrollada en los próximos 20 años para ser usada en endodoncia y otras ramas de la odontología. No obstante, la endodoncia ya ha creado instrumentos coadyuvantes que aunque no son de escala nanométrica si pueden detectar hallazgos microscópicos en el tejido radicular externo e interno tales como istmos, conductos accesorios y microfracturas.^{44, 45}

Estos instrumentos han sido el microscopio quirúrgico y el endoscopio de uso endodóntico. Entre estos dos instrumentos el que menos literatura reporta es el endoscopio ya que su uso en odontología y específicamente en

endodoncia ha sido muy restringido; debido quizás, a que el microscopio ha sido el instrumento que ha acaparado la mayor parte del mercado actual.⁴⁵

La empresa americana Altair Nanotechnologies anunció hace unos años disponer de óxido de zirconio de tamaño nanométrico, muy útil para usos dentales, pues es muy resistente y transparentes, además de opacos a los rayos X, lo que les confiere unas características adecuadas para ser usados como relleno dental.

También se ha utilizado la nanotecnología para crear esmaltes dentales. El crear un esmalte artificial no es una tarea fácil, pues el esmalte natural tiene una serie de características que lo hacen único, consta de millones de cristales microscópicos de hidroxiapatita, que forman estructuras conocidas como prismas. El esmalte recubre la corona de los dientes, protegiéndolos cuando realizan la función masticatoria.

Para crear una estructura que haga las mismas funciones que el esmalte natural Brian Clarkson de la Universidad de Michigan y otros científicos polacos han generado un esmalte sintético usando un método hidrotérmico. Dicho esmalte puede ser usado para recubrir las coronas y fundas de dientes que hayan sido deteriorados. Este es un claro ejemplo del uso de la nanotecnología para generar una estructura artificial con características específicas marcadas por un elemento natural como es el esmalte dentario.⁴⁵

La compañía japonesa Sangi Co.,Ltd. ya comercializa una pasta de dientes muy especial que incluye entre sus ingredientes nanopartículas de hidroxiapatita. Este mineral es un fosfato de calcio que se utiliza en aplicaciones biomédicas ya que forma parte de la estructura de huesos y dientes y es capaz de ayudar a la regeneración de los mismos. Cuando se utiliza nano-hidroxiapatita en la pasta de dientes, se forma una capa

protectora en el esmalte dental y puede incluso reparar la superficie de los dientes dañados.

De momento, esta pasta de dientes sólo se comercializa en Japón donde la compañía ya ha vendido más de 50 millones de tubos.⁴⁵

4.2 Nanomedicina

En el área de la salud no se han creado hasta ahora, instrumentos a escala nanométrica. Se piensa que en los siguientes 10 a 20 años se logren construir nanorobots programados como "cirujanos" para que intervengan cualquier tejido a nivel celular y molecular.⁴⁴

En la industria de los medicamentos, la nanotecnología busca lograr, la construcción bajo condiciones controladas en el laboratorio de moléculas complejas que permiten realizar las funciones primordiales de la vida a través de la fabricación átomo a átomo (Fig. 27). Esto significaría un avance inmenso para la medicina, pues simplificaría los procesos necesarios para la obtención de drogas complejas que componen los medicamentos actuales.⁴⁶

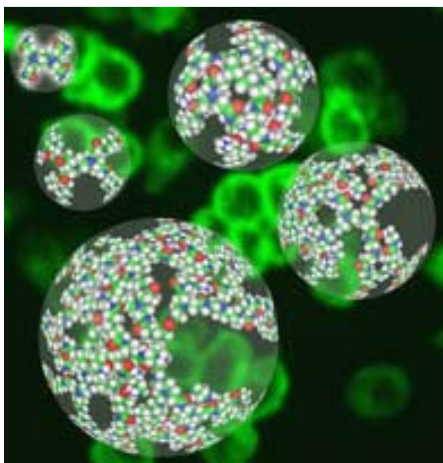


Fig. 27 Nanoesferas llenas de nanopartículas para el transporte de medicamentos⁴⁷

El uso de nanopartículas transportadoras de drogas es otro de los grandes avances, ya que con estas se han podido atravesar barreras insuperables como la encefálica en donde medicamentos como antibióticos, agentes anti-neoplásicos, drogas especiales para el sistema central y diferentes neuropeptidos, puedan ser aplicadas para mejorar la calidad de vida de muchos pacientes. Igualmente moléculas nanométricas como vitaminas, A y E puedan ser usadas con mayor aplicación en áreas como la dermatología y la cosmética.⁴⁸

Pero quizás una de las aplicaciones más especiales es la propuesta por Freitas, la cual consiste en el reemplazo de células rojas defectuosas o con alteraciones de la función de la hemoglobina, con células artificiales, a las cuales se les denominan respirocitos, y que actuarían como una célula roja sanguínea, con capacidad de brindar oxígeno de manera más efectiva que un eritrocito. Estas células entonces podrían ser aplicadas en casos de transfusiones, tratamientos parciales de las anemias, problemas prenatales/neonatales y desordenes pulmonares.^{48,49}

Otras de las expectativas que se esperan lograr con la nanomedicina serán sin duda la modificación del material genético humano y por consiguiente la cura de enfermedades genéticas asociadas. Aún cuando la ingeniería genética es la encargada de la investigación de la molécula de ADN, la nanotecnología será la encargada de proporcionar las herramientas necesarias para la manipulación de la misma.⁴⁹

1.1. NANOROBOTS

Aunque todavía no se han fabricado, existen múltiples diseños de estos, por lo que se pueden decir que estos no serán del todo robots, sino más bien modificaciones de células normales que podrían ser llamadas células artificiales.⁴⁹

Con la descripción de los nanorobots, se puede intuir que la utilidad de estos en las ramas medicas será muy importante,⁴⁹ ya que se piensa que estos podrían operar dentro del cuerpo humano,⁴⁸ flotando libremente dentro de los vasos sanguíneos⁴⁹ monitoreando los diferentes niveles de los componentes orgánicos y almacenando la información en una memoria interna. Podrían ser usados también, para la rápida examinación de un tejido, proveyendo lecturas a cerca de sus funciones bioquímicas, biomecánicas e histométricas con gran detalle, lo que pudiera ser usado en el diagnóstico de enfermedades, sin que sea necesario la aplicación de medios invasivos, que solo crean discomfort en el paciente, con una alta fidelidad de resultados mientras que el objetivo que es examinado se encuentra en estado activo dentro del huésped (Fig. 28).⁴⁸



Fig. 28 Minisubmarino, tan pequeño que podría "navegar" por el interior del cuerpo humano buscando anomalías o enfermedades.⁵⁰

El uso de máquinas nanométricas, permitirá la vigilancia permanente dentro de nuestro cuerpo, pudiendo estas desarrollar ataques contra bacterias, virus y células cancerígenas; así como también permitirían la reparación de células dañadas. Sin embargo, estos avances todavía se sigue considerando ciencia ficción, aunque la velocidad con la que se desarrollan los proyectos

nanométricos, estas máquinas están a solo pasos de poder ser realidades concretas.⁴⁸

CAPÍTULO 5.

IMPLICACIONES ADVERSAS DE LAS NANOPARTÍCULAS EN LA SALUD

Capítulo 5

IMPLICACIONES ADVERSAS DE LAS NANOPARTÍCULAS EN LA SALUD

Como toda nueva aplicación tecnológica, la nanotecnología no escapa a controversias sobre su función e impacto social. Según los apologistas de la nanotecnología, como algunos voceros de la National Science Foundation de los Estados Unidos, sus implicaciones serán ampliamente benéficas. El proceso de producción *bottom-up* eliminará el desperdicio de la producción, al mismo tiempo que la producción a partir de los elementos químicos básicos volverá superfina la dependencia de los recursos naturales, los que ya no serán demandados, aliviando la depredación.

Por su parte, los críticos apuntan a una tecnología que puede tener impactos negativos en la salud y el medio ambiente. Las primeras investigaciones sobre los efectos de las nanopartículas en los organismos vivos son preocupantes. Los impactos pueden recaer sobre los consumidores de productos que contienen nanocomponentes, así como afectar la salud de los trabajadores de las nanoindustrias y, si se escapan a la atmósfera, la de cualquier persona.

En el cuadro 1, se muestra cronológicamente experimentos y hallazgos sobre los impactos de nanopartículas en la salud y ambiente, el área en que los debates están más localizados y documentados. Las informaciones recopiladas muestran que nanopartículas pueden ser tóxicas o perjudiciales para la salud cuando expuestas al contacto con el cuerpo, ingeridas, inhaladas o inyectadas

Cuadro 1. Posibles y probados daños a la salud por nanopartículas

AÑO	HALLAZGO.
1997	Nanopartículas de dióxido de titanio/óxido de zinc de filtros solares causan radicales libres en células de la piel, dañando el ADN.
2002	Nanopartículas acumuladas en los órganos de animales de laboratorio son absorbidas por las células."Sabemos que los nanomateriales han sido absorbidos por las células. Eso levanta alarmas. Si las bacterias los pueden absorber entonces tenemos un punto de entrada de los nanomateriales a la cadena alimenticia".
2003	Nanotubos en los pulmones de ratas producen respuestas tóxicas mayores que polvo de cuarzo.
2003	El Dr. Howard sostiene que cuando menor es la partícula, mayor es su potencial de toxicidad. Las nanopartículas tienen varias rutas para entrar al cuerpo y atravesar las membranas e, inclusive, la barrera de sangre del cerebro.
2003	La revista Nature reporta el trabajo del científico Masón Tomson que muestra que las buckyballs (fullerenos) pueden viajar escondidas en el suelo. "Estudios no publicados del grupo de trabajo muestran que las nanopartículas pueden fácilmente ser absorbidas por gusanos permitiéndoles posiblemente moverse hacia arriba en la cadena alimenticia y alcanzar a los humanos".

2004	Según el Dr. Gunter Oberdorster, las nanopartículas son capaces de moverse fácilmente desde el conducto nasal hasta el cerebro.
2004	Investigadores de la Universidad de Lovaina explican a la revista <i>Nature</i> : "consideramos que los productores de nanomateriales tienen la tarea de ofrecer los resultados de relevantes estudios de toxicidad para cualquier nuevo material, según las líneas internacionales vigentes sobre riesgo.
2004	La Dra. Vyvyan Howard presenta los primeros resultados sobre nanopartículas de oro que pueden moverse desde la madre al feto a través de la placenta.
2004	Científicos de la Universidad de California en San Diego descubrieron que nanopartículas de selenide de cadmio pueden dividirse en el cuerpo humano y causar potencialmente envenenamiento por cadmio.
2004	La Dra. Eva Oberdorster señala que los buckyballs (fullerenos) causan daños al cerebro en peces jóvenes al mismo tiempo que modificaciones en las funciones de los genes.

La preocupación sobre los posibles impactos ambientales de la nanotecnología es también creciente. El informe de la Royal Society & The Royal Academy of Engineering se pregunta sobre las consecuencias imprevistas de la utilización de nanopartículas para descontaminar el agua o diluir contaminantes. La alta reactividad que tiene la superficie de las nanopartículas puede impactar seres vivos, o alterar los procesos ecosistémicos. El informe sugiere que el uso de nanopartículas que no estén fijadas a una matriz debe ser prohibido en

aplicaciones de remediación ambiental, hasta tanto no se demuestren y evalúen los potenciales riesgos.

Otra área de inquietud en el terreno ambiental es el destino de las nanopartículas, una vez que los productos que las contienen hayan cumplido su ciclo de vida útil. Conociendo que las nanopartículas se acumulan en el hígado de animales de laboratorio, no sería difícil que desechos, por ejemplo de llantas de auto, liberasen nanopartículas que luego serían absorbidas por células de diversos organismos, entrando así en la cadena alimenticia. Un problema similar resulta del eventual escape de nanopartículas de los laboratorios.

Menos predecible es lo que pueda suceder con partículas de materia híbrida —viva e inerte— que se salgan del control. El grupo ETC habla de la plaga verde, dando a entender la posibilidad de un proceso incontrolable. Esto ya pasó con los organismos genéticamente modificados que pasaron al ambiente natural, de manera que bien puede suceder con nanopartículas híbridas.

En resumen, las nanopartículas pueden tener diversos efectos sobre el ambiente. Pueden entrar en la cadena alimenticia, influenciar la biosfera, alterar los ecosistemas y crear nuevos tipos de basura.

Hay aún otros ámbitos en los que la nanotecnología genera temores. Su potencial de aplicación en la industria militar parece ser vasto, incluyendo las comunicaciones, sensores, diversos dispositivos inteligentes y, por supuesto, armamento. Podrán elaborarse explosivos en miniatura de mayor alcance, mayor densidad energética, aplicados a sistemas miniaturizados que los guíen con mayor precisión al enemigo. En los Estados Unidos, se estima que entre un 26% y un 32% de los fondos federales destinados a la investigación en nanotecnología entre 2000 y 2004 fueron encaminados a la industria militar.

Además de los Estados Unidos, es posible que Israel y China se perfilen como importantes fabricantes de productos de guerra con nanotecnología.

La sociedad en su conjunto parece estar distante de los posibles cambios que la nanotecnología está provocando, aunque debido a la presión de algunas ONGs, entre las cuales destaca el grupo ETC (2003), y a la receptividad de algunos periódicos internacionales, desde el año 2000 instituciones oficiales de algunos gobiernos como el de Estados Unidos, Gran Bretaña y otros, comenzaron a promover investigaciones sobre los posibles impactos de la nanotecnología. Existe una discusión académica sobre la necesidad de mayor participación pública en las decisiones sobre el cauce del desarrollo de la ciencia y la tecnología.

El Centro de Nanotecnología Responsable ha identificado algunos de los riesgos más preocupantes de la nanotecnología. Algunos suponen riesgos existenciales, es decir que podrían amenazar la continuidad de la humanidad. Otros podrían producir grandes cambios sin causar la extinción de nuestra especie. Una combinación de varios de estos riesgos podría empeorar la gravedad de cada uno. Y todas las soluciones que se plantean para uno de estos riesgos deben tener en cuenta el impacto que tendrían sobre los otros.

Algunos de estos riesgos son producto de una falta de normativa jurídica, y otros de demasiado control. Hará falta distintos tipos de legislación según cada campo específica. Una respuesta demasiado rígida o exagerada en estos sentidos, podría dar lugar a la aparición de otros riesgos de naturaleza muy distinta por lo que habrá que evitar la tentación de imponer soluciones aparentemente obvias a problemas aislados.

CONCLUSIONES.

La nanotecnología ha conducido al desarrollo de nuevos materiales odontológicos permiten un mejor acabado, menor contracción de polimerización, disminuye las posibilidades de biodegradación del material en el tiempo y ha permitido el incremento de las cualidades mecánicas de los productos odontológicos.

El desarrollo en el área odontológica hará posible el mantenimiento de la salud oral gracias al uso de nanomateriales y la posibilidad de la creación de nanorobots que permitan reducir los tiempos de trabajo, traumatismo en los procedimientos pero sobre todo mayor comodidad para el paciente.

La nanotecnología no solo provee ventajas, puede obtener impactos negativos en la salud y el medio ambiente, así como la construcción de armamento militar que conlleve a una amenaza en la continuidad de la humanidad.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.

1. Revista ¿Como ves? Nanomundo la importancia de lo pequeño. Año 5 No. 50
2. <http://www.occyt.cu/varios/informenano.pdf>
3. <http://www.portalciencia.net/nanotecno/>
4. http://www.electronicosonline.com/noticias/images/uploads/2608__semi-conductores2.jpg
- 4 <http://www.odontonoticias.com/detalles.asp?id=134&gid=15&pg=4&sc=index.asp>
- 5 <http://www.nanodental.com.mx/imagen39=7679?kjalsjda>
- 6 <http://www.nanotechnology.usa/7893742=#sdahdaj/kjakljd>
- 7 <http://www.ceramicaycristal.com.ar/Ciencia.htm&h=347&w=300&sz=18&hl=es&start=11&tbnid>
9. Moncada G., “Adhesivos Dentinarios”, Revista Dental de Chile 1987; 77(18):66-72
10. Van Meerbeek et Al., “Adhesives and cements to promote preservation dentistry”, Operative Dentistry Supplement, 2001;6:119-144.
11. Munksgaar E.C., et Al. “Dentin polimer bond promoted by Gluma and various resins”, Journal Dent. Res., 1985;54:1409-1411.
12. Couslon B. E., “Improved bonding of composite resin to dentin” Br. Dent. J. 1984;93:156.
13. Eick J.D. et Al., “The dentinal surface: its influence on dentinal adhesion”, Part 2, Quintessence Int., 1992;23:43-51.
14. Sunico M. et Al., “Effect of surface conditioning and restorative material on the shear bond strength and resin-dentin interfase of new one botte nanofilled adhesive”, Dental Materials, 2002;18:535-542.

15. Blomlof J. et Al., "Acid conditioning combined with single-component and twocomponent dentón bonding agents", Quintessence Int., 2001;32:711-715.
16. http://www.scielo.isciii.es/img/revistas/odonto/v20n1/original2_figura1.jp
17. <http://www.3M.com>
18. <http://www.dentsplyargentina.com.ar/Adhesivos.pdf>
19. <http://www.dentsply.es/P&B/p&bnt.htm>
20. <http://www.ketac.es/products/p&bnt.htm>
21. Bowen RL. Properties of a silica-reinforced polymer for dental restorations. J Am Dent Assoc 1963;66:57–64.
22. Kinomoto Y, Torii M, Takeshige F, Ebisu S. Comparison of polymerization contraction stresses between self-and light-curing composites. J Dent 1999;27:383–9.
23. Hofmann N, Hugo B, Klaiber B. Effect of irradiation type (LED or QTH) on photo-activated composite shrinkage strain kinetics, temperature rise, and hardness. Eur J Oral Sci 2002;110:471–9.
24. Geraldi S, Perdigao J. Microleakage of a New Restorative System in Posterior Teeth. J Dent Res 2003;81:1276.
25. Meyer GR, Ernst CP, Willershausen B. Determination of Polymerization Stress of Conventional and New "Clustered" Microfill-Composites in Comparison with Hybrid Composites. J Dent Res 2003;81:921.
26. Lutz F, Phillips RW. A classification and evaluation of composite resin systems. J Prosthet Dent 1983;50:480-8.
27. Willems G, Lambrechts P, Braem M, Celis JP, Vanherle G. A classification of dental composites according to their morphological and mechanical characteristics. Dent Mater 1992;8:310-9.
28. <http://www.images.google.com.mx/imgres?imgurl=http://www.fisicanet.com.ar/tecnicos/tecnologia/ar1/nanotecnologia04.jpg&imgrefurl>

29. <http://www.multimedia.3m.com/mws/mediawebserver?66666UuZjcFSLX TtlxMcLxTtEVuQEcuZgVs6EVs6E666666-->
30. <http://www.dentalcompare.com/review.asp?rid=98>
31. <http://www.ivoclarvivadent.com/review.asp?rid=98tetricevoceram/nxasd>
32. http://www.kerrhawe.com/products/documents/PRE_iu_es.pdf
33. <http://www.kerrdental.com/index/cms-filesystem-action?file=KerrDental-PDF/premise-clinicalprocedures-chrisoarticlespanish.pdf>
34. <http://www.dentsply.mx/EsthetX/EsthetXm.htm>
35. <http://www.dentsply.es/restaura/EsthetX/EsthetXm.htm>
36. http://www.venus-fill.com/es/es/products_4/venus_8/default_venus_1.html
37. http://www.solutions.3m.com/wps/portal/3M/es_ES/3M-ESPE/dental-professionals/products/category/direct-restorative/filtek-silorane/
38. <http://www.multimedia.mmm.com/mws/mediawebserver.dyn?6666660Zjcf6lVs6http://www.neoteo.com/nanotubos-de-carbono.neo>
39. <http://www.balsasdental.com/zhermack/siliconadi.htm>
40. http://www.proclinic.es/ws/componentes/ficha_producto.php?NjUxNA%3D%3D
41. <http://www.dentsply.es/Noticias/clinica1000.htm>
42. <http://www.listas.geodental.com/lista/boletin-geodental/archivo/msg/162/>
43. <http://www.odontologia-online.com/casos/part/MAS/MAS03/mas03.html>
44. Freitas, R., Nanodentistry, JADA 2000; 13(11): 1559-1565
45. Von Arx T., Montagne D., Diagnostic accuracy of endoscopy in periradicular surgery- a comparison with scanning electron microscopy Int. Endod. J. 2003; 36: 691-9
46. <http://www.axxon.com.ar/rev/110/c-110Nanotecnologia.htm>
47. <http://www.images.google.com.mx/imgres?imgurl=http://150.244.118.196/nanomagnet/web/investigacion/img/nanoparticulas2.jpg&imgrefurl=http://150.244.118.196/nanomagnet/web/>

48. Bogunia-Kubik K. From molecular biology to nanotechnology and nanomedicine. *Biosystems* 65;(2002):123-138
49. http://www.goliath.uigv.edu.pe/~s8387567/ref_bibliografica.
50. http://www.escalofrio.com/n/Ciencia/La_Nanotecnologia/La_Nanotecnologia.php
51. http://www.euroresidentes.com/futuro/nanotecnologia/nanotecnologia_responsable/riesgos_nanotecnologia.htm