



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

**RESINAS ACRÍLICAS EN ORTODONCIA: MATERIAL
DIDÁCTICO EN 3D.**

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

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

P R E S E N T A:

STEPHANIE SALAS SOTO

TUTOR: Dra. LAURA MENDOZA OROPEZA

ASESOR: Mtro. RICARDO ORTIZ SÁNCHEZ



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

ÍNDICE

1	GENERALIDADES Y CLASIFICACION DE LOS MATERIALES	3
1.1	Uniones Interatómicas	6
1.1.1	Enlace metálico	6
1.1.2	Enlace iónico	7
1.1.3	Enlace covalente	7
1.2	Uniones intermoleculares o secundarias	8
1.2.1	Fuerzas de Van der Waals	8
1.2.2	Puentes e hidrógeno	9
1.3	Tipos de materiales	10
1.3.1	Materiales metálicos	10
1.3.2	Materiales cerámicos	11
1.3.3	Materiales combinados	11
2	RESINAS ACRILICAS	12
2.1	Antecedentes	12
2.2	Concepto	15
2.3	Norma	16
2.4	Propiedades	17
2.5	Ventajas y desventajas	19
2.6	Componentes	20
3	CLASIFICACIÓN DE LAS RESINAS ACRÍLICAS	21
3.1	Por su origen	21
3.1.1	Naturales	21
3.1.2	Sintéticas	21
3.2	Por su composición	22
3.2.1	Heteropolímeros	22
3.2.2	Homopolímeros	22
3.3	Por su estructura molecular	23
3.3.1	Polímeros de cadenas lineales	23
3.3.2	Polímeros de cadenas ramificadas	23
3.3.3	Polímeros de enlace cruzado o entrelazado	23
3.3.4	Polímeros en red	24
3.4	De acuerdo con su comportamiento térmico	24
3.4.1	Resinas termoplásticas	24
3.4.2	Resinas termoestables	24
3.5	Por el tipo de polimerización	25
3.5.1	Polimerización por condensación	25
3.5.2	Polimerización por adición	25
3.5.3	Etapas en el proceso químico de polimerización	27
3.6	Por su mecanismo para iniciar la polimerización	30
3.6.1	Termopolimerizables	30

3.6.2	Fotopolimerizables.....	31
3.6.3	Quimiopolimerizables o autopolimerizables.....	31
4	TIPOS DE RESINAS ACRÍLICAS	32
4.1	Resinas o polímeros vinílicos.....	32
4.2	Poliestireno.	33
4.3	Etileno o Estireno vinilbenceno.	33
4.4	Metilmetacrilato.	33
4.5	Resinas epóxicas.	34
5	POLIMETILMETACRILATO PMMA	35
5.1	Fases de la polimerización.....	36
5.1.1	Arenosa.	37
5.1.2	Filamentosa o pegajosa.....	37
5.1.3	Plástica.....	38
5.1.4	Elástica.....	38
5.1.5	Rígida.	39
5.2	Monómero residual.....	40
5.3	Técnicas de manipulación.....	42
5.3.1	Modelado.....	42
5.3.2	Espolvoreado.....	42
6	USOS EN ODONTOLOGÍA	43
6.1	Prostodoncia	43
6.2	Ortodoncia.....	44
6.3	Otros	44
7	CONCLUSIONES	45
8	BIBLIOGRAFÍA	46

Dedicatorias

A mi madre y hermana por ser el pilar que me motiva todos los días a seguir adelante.

A mi familia por siempre estar ahí cuando más los necesite además de brindarme su apoyo y confianza a través de mis años de formación como cirujano dentista, unas veces siendo mis pacientes y otras brindándome consejo.

A mis amigas que me acompañaron a lo largo de este camino y que, de no ser así, no hubiese sobrellevado esta etapa de mi vida de la mejor manera.

A mi tutora la Dra. Laura Oropeza que me guio y me dio consejo, aprendí muchas cosas gracias a ella, gracias por formar parte de este último paso en esta etapa de mi vida.

A la Universidad y la Facultad de Odontología por brindarme todas las herramientas necesarias para así llegar a convertirme en lo que soy.

Gracias a eso y demás factores y personas que estuvieron en mi camino, aprendí, conocí, experimente y disfruté de esta trayectoria, gracias a eso me convertí en la persona que soy hoy.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad las resinas acrílicas tienen muchos usos en Odontología, entre ellos una de las ramas en las que más se utiliza es en ortodoncia, Prótesis (dental y maxilofacial), Prostodoncia y Odontopediatría.

La importancia de esta recopilación radica en que el alumno o el profesional del área de odontología, tenga una herramienta en el cual le permitirá buscar y conocer los usos, composición, aplicaciones y manipulación.

Las resinas acrílicas se clasifican en diversos rubros lo cual permite seleccionar la resina acrílica adecuada para el tratamiento que posteriormente se realizara en la parte clínica.

Esta tesina permite al estudiante de licenciatura como al de nivel posgrado y al profesionalista de odontología, tener una herramienta de búsqueda actualizada sobre las resinas acrílicas; sus usos, manipulación y aplicación.

Además, el que sea un antecedente para entender tanto la composición como la manipulación de esta, permite tener información fidedigna, puntual y veraz asegurando un buen uso y aplicación de este material en la parte clínica.

Ya que es un material que tiene una liberación de monómero residual, la importancia de conocer cómo evitar la mínima liberación de estos residuos proporcionara una mejor biocompatibilidad y evitara posibles efectos adversos.

A través de la realización de un video en 3D se demostrará de manera didáctica las fases por las que pasa el polimetilmetacrilato, para poder visualizar de manera más sencilla las fases arenosa, filamentosa o pegajosa, plástica, elástica y rígida.

Propósito

Mediante la recopilación de información confiable y puntual se dará a conocer la composición, usos y manipulación de las resinas acrílicas en ortodoncia apoyadas de una herramienta didáctica como lo es un video 3D para que el estudiante de licenciatura o posgrado, así como el profesionalista en odontología pueda recurrir a esta herramienta.

Proporcionar una guía puntual sobre el comportamiento de una resina acrílica, incluyendo su manipulación, las fases de polimerización de esta misma, e incluso la puntualización de la liberación de monómero residual y las consecuencias o efectos adversos que pudiesen llegarse a presentar si no se mezcla en proporciones adecuadas o con la técnica incorrecta.

1 GENERALIDADES Y CLASIFICACION DE LOS MATERIALES

El término "material" se refiere a "materia con que se hace una cosa" o bien "materias necesarias para realizar una obra o ejercer una profesión". En cuanto a "dental" significa "relativo a los dientes". (1)

Cuando nos referimos a "materiales dentales" se comprende cómo; la materia o las materias empleadas para ejercer una profesión relativa a los dientes, es decir, para ejercer la odontología. (1)

También se emplea la expresión "biomateriales dentales" con la misma finalidad. Se parte para ello de la concepción de "biomaterial" como material utilizado en relación con un medio biológico o en una profesión vinculada con las ciencias de la salud. Sin embargo, algunas denominaciones reservan el término "biomaterial" para hacer referencia al que interactúa con un tejido biológico. (1)

Surge de estas consideraciones que los materiales dentales son materia y, por consiguiente, para conocerlos, estudiarlos y utilizarlos correctamente se hace necesario partir del conocimiento y estudio de lo que se entiende por "materia". (1)

En química y física, materia es todo aquello que tiene masa y, por lo tanto, ocupa un lugar en el espacio. También en ellos se describe cómo la materia no es continua, sino que está formada por partículas que guardan cierta relación entre sí. (2)

Cuando esa relación es estable, en el sentido de que cada una de esas partículas mantiene una posición definida con respecto a las que la rodean, la materia se presenta en estado sólido. Cuando esa relación es menos estable y no hay ubicación definida con respecto a las vecinas, se observa la materia en estado líquido, y cuando entre esas partículas no hay tendencia a relacionarse, agruparse o unirse, sino a rechazarse, se está frente al estado gaseoso. (3)

La misma materia puede presentarse en cualquiera de esos estados según sean las condiciones ambientales (temperatura y presión) en las que se encuentre. Una materia sólida a temperatura ambiente puede

transformarse en líquido o gas si se la calienta. Es decir, que la energía de atracción entre esas partículas, que a temperatura ambiente es suficiente para permitir que se ubiquen en posición definida con respecto a sus vecinas, es superada con el calentamiento por la energía térmica, que las obliga a moverse y perder esa ubicación estable. (3)

La temperatura necesaria para lograr un cambio, por ejemplo, de estado sólido a estado líquido, depende de cuán grande sea la fuerza que mantiene unidas a las partículas que componen el sólido. Si esa fuerza, denominada cohesión, es grande, la materia sólida tendrá una temperatura de fusión elevada, que será menor si ésta es débil. De la misma manera, será más difícil romper (separar las partículas unidas por cohesión) o modificar la forma de un cuerpo constituido por partículas fuertemente unidas entre sí que la de otro en el que esa unión sea débil. (4)

No se puede conocer y entender el funcionamiento de los materiales en general, y específicamente de los "dentales", sin analizar, aunque sea superficialmente, las características de las partículas elementales con que están constituidos y de las fuerzas que las relacionan o unen. (1)

La materia, y por extensión los materiales, está constituida por átomos, que son denominados como la unidad mínima de la materia, pero siendo de naturaleza y comportamiento diferente entre si en 1869 Mendeléiev agrupo los elementos en orden creciente de los pesos atómicos y sus propiedades atómicas. Los dividió en dos grandes grupos de elementos y, por lo tanto, de átomos: los metálicos y los no metálicos. (4)

Hay materia formada por átomos metálicos y, por consiguiente, hay materiales formados por ellos y son los denominados materiales metálicos (plomo, hierro, oro, etc.). (1)

Como los átomos pueden combinarse con los no metálicos (p. ej., en las sales), hay materia y materiales constituidos por esos dos tipos de átomos. Se denominan materiales cerámicos (yeso, mármol, etc.). (1)

Por último, existe materia en la cual grupos de átomos se unen primeramente entre sí para formar las moléculas y, en segunda instancia, la relación entre esas moléculas da lugar a la materia o material. Son éstos los denominados materiales orgánicos, ya que el átomo que con mayor frecuencia contribuye a la formación de esas moléculas es el carbono que constituye la base de la denominada química orgánica. (1)

En resumen, los materiales pueden clasificarse, en función de su tipo de materia o átomos que los constituyen, en: metálicos, cerámicos y orgánicos. Eventualmente pueden existir materiales que combinen en su estructura materia de dos de esos tipos, por ejemplo, materia cerámica y orgánica o cerámica y metálica. En estos casos se habla de materiales combinados y con frecuencia se utiliza para identificarlos la palabra inglesa composite. (1)

Esta clasificación de los materiales no tiene tan sólo un fin didáctico. La presencia de átomos distintos en cada uno de ellos hace que sean diferentes las condiciones y las fuerzas con las que se relacionan para constituir materiales en estado sólido y, por lo tanto, sus características difieren totalmente. Esto puede llevar, como consecuencia, a aplicaciones y usos también diversos. (1)

1.1 Uniones Interatómicas

Una vez comprendida la estructura básica de los átomos debemos de estudiar como los mismos se relacionan entre ellos, es decir las uniones interatómicas o primarias. (5)

Existen 3 tipos básicos de enlaces mediante los cuales los átomos pueden relacionarse; enlace metálico, iónico y covalente. (5)

1.1.1 Enlace metálico

Es el enlace que se genera cuando dos átomos de tipo metálico se unen. En este enlace lo que ocurre es que como todos los átomos desean perder electrones para ganar su estabilidad los comparten entre todos, generando una estructura donde hay iones positivos rodeados de una nube electrónica. Esto se genera ya que los núcleos de los átomos (donde se encuentra la masa de los mismos) se encuentran muy próximos, y los electrones están en una nube alrededor de ellos. Esta proximidad entre núcleos genera la característica de densidad, la cual se define como "masa sobre volumen", a métodos prácticos este concepto quiere decir que, si tenemos dos materiales, ambos en un mismo volumen, pero uno es más denso que el otro, el de más densidad tendrá más masa que el menos denso. Estos materiales se encuentran en estado sólido en la naturaleza, a excepción del mercurio y el galio que están en estado líquido. Un enlace metálico tiene como característica la formación de una estructura cristalina; esto quiere decir que, si estudiamos la disposición de los átomos en el espacio, formarían cuerpos geométricos (cubos, hexágonos, rombos, etc.). Otra característica que podemos encontrar en el enlace de tipo metálico es que el punto de fusión y ebullición de estos materiales será muy alto, lo cual habla de la gran fuerza de unión, ya que requieren de más energía para cambiar de estado. Una característica fundamental de estos materiales es que la nube de electrones libres en la superficie les da la característica de ser conductores térmicos y eléctricos. (5)

Por último, los materiales con este tipo de enlace poseen la cualidad de ser “deformables” esto quiere decir que aceptan las fuerzas y se deforman mucho antes de romperse. Este tipo de enlace es característico de los metales. (4)

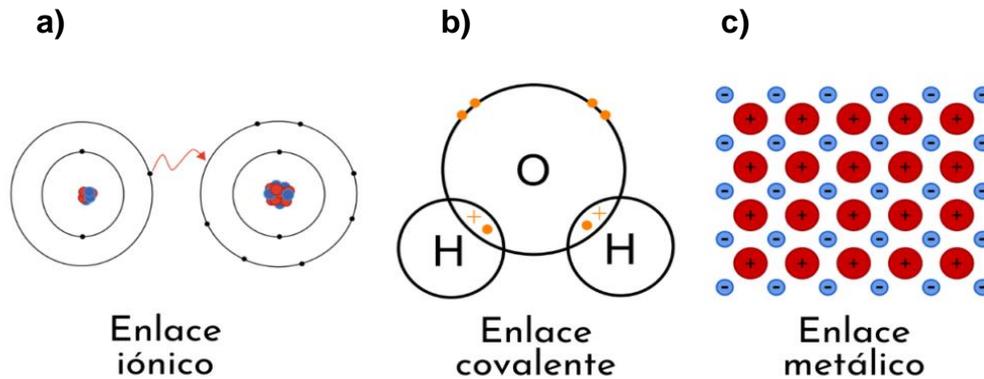
1.1.2 Enlace iónico

Se presenta entre elementos metálicos y no metálicos. En este tipo de enlace lo que sucede es que el elemento metálico, el cual tiene tendencia a perder electrones cede sus electrones al elemento no metálico, el cual necesita ganar esos electrones para poder lograr la estabilidad de ambos. Este tipo de enlaces da origen a iones con diversas cargas, positivos o negativos (cationes o aniones respectivamente). Los materiales que poseen este tipo de enlace tienden a tener estructuras cristalinas y amorfas a la vez, por lo que los átomos pueden una hallarse dispuestos en el espacio en forma de cuerpos geométricos y bien amorfos. El hecho de que los electrones se encuentren estables unidos a uno de los átomos da la característica de que estos materiales no son conductores, por el contrario, son aislantes térmicos y eléctricos. Este tipo de enlace es característico de los materiales cerámicos. (5)

1.1.3 Enlace covalente

Se produce entre elementos no metálicos, en este tipo de enlace ambos átomos desean ganar electrones por lo que los comparten. (Fig.1.) Como resultado se pueden genera dos tipos de sustancias; moléculas individuales, por ejemplo, el Di oxígeno (O_2) o el Di nitrógeno (N_2) y solidos covalentes, es decir, distintos átomos unidos por enlace covalente. (3)

Los materiales con este tipo de enlace presentan puntos de fusión bajos, y también son aislantes térmicos y eléctricos. Este tipo de enlace es característico de los materiales orgánicos, conocidos coloquialmente como; “plásticos”. (5)



lifeder.com

Figura 1. Tipos de enlace químico, a) iónico, b) covalente, c) metálico. Fuente: Available from: <https://www.lifeder.com/enlace-quimico/>

1.2 Uniones intermoleculares o secundarias

Partiendo de las bases sobre los distintos enlaces que se pueden producir entre los átomos, para dar origen a moléculas, ahora debemos comprender como estas moléculas se relacionan entre sí. Estas uniones son de tipo físico-químico electrostático, es decir que se rigen por las leyes del magnetismo donde “los opuestos se atraen y los iguales se repelen”. Se les divide en dos grandes grupos; fuerzas de Van der Waals y puentes de Hidrogeno. (5)

1.2.1 Fuerzas de Van der Waals

Parten de la premisa de que al existir todo el tiempo electrones libres en movimiento, por instantes estos electrones pueden encontrarse sobre un extremo de la molécula, generando así en esa zona un dipolo instantáneo negativo mientras que en el otro extremo de la molécula (donde hay

menos electrones) se crea un dipolo instantáneo positivo. Esto sucede en las moléculas de alrededor generando así relaciones intermoleculares instantáneas donde los dipolos instantáneos se repelen o atraen según su carga. (5)

1.2.2 Puentes e hidrógeno

Se generan ya que los átomos poseen una característica denominada electronegatividad, es decir la fuerza con la que el núcleo atrae a los electrones. (Fig. 2.) Por ejemplo, en una molécula (H_2O) de agua el oxígeno es mucho más electronegativo que el hidrógeno por lo que, aunque se relacionan mediante enlace covalente, el oxígeno atraerá los electrones del hidrógeno posicionándolos más cerca, generando así sobre el oxígeno un dipolo negativo y en las moléculas de hidrógeno un dipolo positivo. (5)

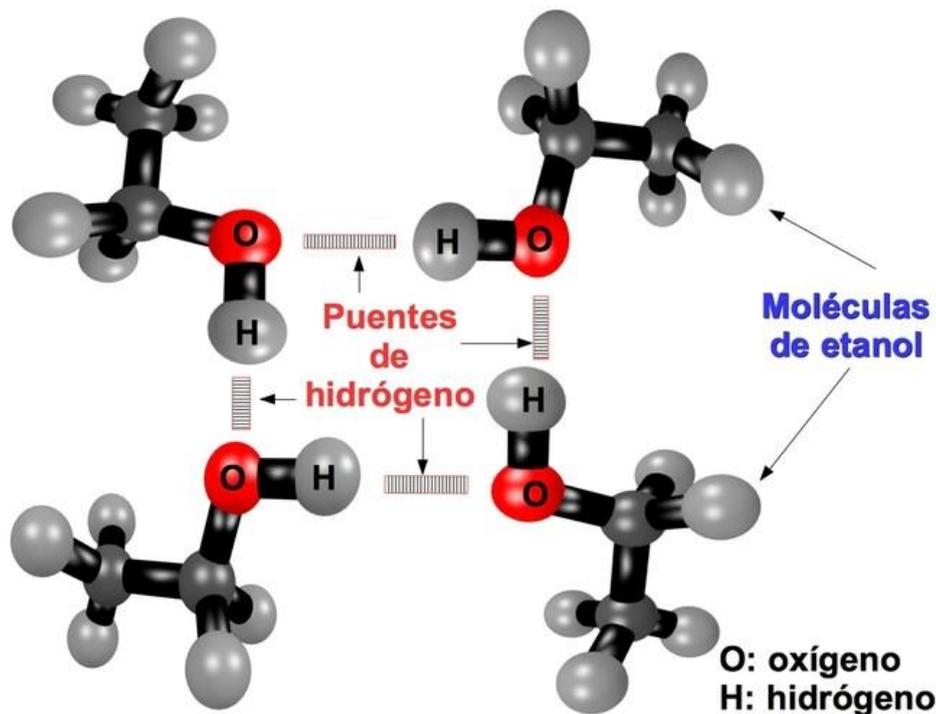


Figura 2. Puentes de Hidrogeno formados entre moléculas de etanol. Fuente: Disponible en: <https://www.todamateria.com/fuerzas-intermoleculares/>

1.3 Tipos de materiales

Después de analizar la información se puede comprender mejor como los átomos se relacionan para formar moléculas y como estas se relacionan entre si podemos concretar a qué tipo de materiales dan origen cada una de estas interacciones. (1)

Existen cuatro tipos de materiales; metálicos, cerámicos, orgánicos y combinados.

1.3.1 Materiales metálicos

Son aquellos originados mediante el enlace metálico, por lo que poseerán las características del mismo como por ejemplo la conductividad, la fuerte unión interatómica, densidad y el ordenamiento cristalino. (3)

Este grupo se puede dividir en metales y no metales, siendo los metales aquellos que se definen como “aquel elemento químico que, dentro de una solución electrolítica, ioniza positivamente”, esto puede comprenderse por su característica de ser electropositivos, es decir que estos átomos tenderán a perder electrones para llegar a su estabilidad, por lo que al colocarlos dentro de una solución electrolítica (la cual favorece la ganancia o pérdida de electrones, ej. agua) los mismo tenderán a perder los electrones para lograr su estabilidad y por ende ionizan positivamente. (1)

Estos materiales pueden ser encontrados en estado sólido en la naturaleza, y suelen ser opacos y resistentes a excepción del Mercurio (Hg) y el Galio (Ga). Los metales suelen tener un brillo característico en su superficie y suelen ser conductores eléctricos y térmicos. (4)

Los no metales son elementos que se ubican en la parte superior derecha de la tabla periódica. Estos se encuentran en la naturaleza en estado sólido, líquido o gaseoso. Y tendrán tendencia a ganar electrones para lograr su estabilidad por lo que son electronegativos. Los mismos también son ionizables, es decir que ganaran cargas eléctricas permanentes; cuando tienen carga negativa (ganancia de electrones), se les denomina

aniones y cuando poseen una carga positiva (perdida de electrones), se les conoce como cationes. (5)

1.3.2 Materiales cerámicos

Son los generados por el enlace iónico, teniendo como características el aislamiento térmico y eléctrico, su elevado punto de fusión y ebullición, translucidez, rigidez y fragilidad. (1)

Los materiales orgánicos, son los cotidianamente llamados “plásticos”, los cuales consisten en grandes macromoléculas con las características del enlace covalente, como son, puntos de fusión y propiedades mecánicas bajas. (5)

1.3.3 Materiales combinados

Consisten en la combinación de 2 o más materiales con el fin de mejorar sus propiedades, un claro ejemplo dentro del campo de la odontología, son las resinas compuestas o composites, los cuales consisten en redes de polímeros (materiales orgánicos) en combinación con materiales cerámicos, ambas fases unidas químicamente. (4)

2 RESINAS ACRILICAS

2.1 Antecedentes

El uso de polímeros dentales en la era moderna comenzó con el caucho natural para dentaduras postizas. El caucho vulcanizado, un látex de origen vegetal reticulado con azufre, se introdujo como material de base para dentaduras postizas en 1853. Casi al mismo tiempo, el celuloide, un material de nitrocelulosa que se utiliza para fabricar bolas de billar y cuellos de camisa desmontables, se adaptó como material de base para dentaduras postizas. Un avance temprano fue una combinación de los dos materiales como una estructura "compuesta", para obtener un mejor equilibrio entre las ventajas y desventajas de cada material. (5)

Durante la década de 1890, la gutapercha, comenzó a usarse para coronas temporales y obturaciones de cavidades, restauraciones permanentes y materiales de obturación de conductos radiculares (endodoncia). Curiosamente, la gutapercha, que está estrechamente relacionada con el caucho de látex natural (cis-poliisopreno), sigue siendo ampliamente utilizada como material de endodoncia hasta el día de hoy. La gutapercha es un polímero termoplástico. El látex vulcanizado es un polímero elastomérico, que ahora se usa en odontología en guantes de examen y diques de goma. (1)

Durante el siglo XX se desarrolló una amplia variedad de elastómeros sintéticos: polisulfuros, caucho de silicona, poliéteres y polivinilsiloxanos. algunos de los cuales fueron adaptados para su uso como material para impresiones dentales. Aproximadamente al mismo tiempo, durante las décadas de 1930 y 1940, se desarrollaron fenol-formaldehído, poliestireno, cloruro de polivinilo (PVC), acetato de vinilo y otros polímeros sintéticos. Muchos fueron evaluados como materiales para prótesis dentales, pero con un éxito limitado hasta la introducción en 1936 del polimetilmetacrilato (PMMA), como material termo endurecible procesado térmicamente. (5)

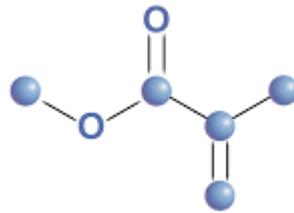
Para 1940, el PMMA también se usaba para fabricar incrustaciones, coronas y prótesis dentales fijas. A partir de mediados de la década de 1940, los metacrilatos de polimerización a temperatura ambiente estuvieron disponibles y se adaptaron rápidamente a la odontología como resinas protésicas y restauradoras de autocurado (también conocidas como resinas de curado en frío y químicas). El curado a baja temperatura ha hecho posible la colocación directa de materiales de restauración estéticos. (3)

Sevriton (LD Caulk Inc., Milford, DE), introducido en la década de 1950, fue la primera resina del color del diente para dientes anteriores. Estaba compuesto de monómero de metacrilato de metilo (MMA) mezclado con PMMA en polvo. (5)

Las resinas de metilmetacrilato/PMMA (Fig. 3.) pronto fueron reemplazadas por los monómeros de metacrilato bi-funcionales más duraderos basados en bis-GMA (bisfenol-A glicidilmetacrilato, (Fig. 4.) o dimetacrilato de uretano. Estas innovaciones fueron iniciadas por el Dr. Ray Bowen de la Fundación de Investigación ADA, quien introdujo dimetacrilatos de autocurado reforzados con un "relleno" de partículas cerámicas de fase dispersa a fines de la década de 1950. Estos "compuestos" a base de resina forman una red de polímero altamente entrecruzada, dando como ventajas dureza y estética. (6)

Posteriormente, las resinas autocurables fueron reemplazadas por materiales fotocurados ultravioleta, que a su vez fueron reemplazados por resinas fotopolimerizables con luz azul. Estos últimos materiales de resina "polimerizables por luz" siguen en uso hoy en día, aunque han evolucionado a través de muchas innovaciones en el iniciador, el relleno de refuerzo y los componentes monoméricos. En los últimos años, se han introducido nuevas resinas que utilizan partículas de refuerzo de tamaño nanométrico altamente estéticas. Recientemente, se introdujo un nuevo sistema de monómero basado en un mecanismo de polimerización de apertura de anillo para reducir los problemas asociados con la contracción de curado. (5)

En resumen, por medio de los avances en la tecnología y como resultado de varias investigaciones, han permitido el descubrimiento o evolución de los materiales dentales, de este modo fue que en el año de 1930 salieron a la luz las resinas acrílicas activadas químicamente y en 1970 se las remplazaron con los composites, estos materiales han tenidos varias utilidades en tratamiento protésico, ya sea como bases de dentaduras o como para la elaboración de dientes artificiales. Los materiales provisionales que más se han usado según (Cristiani, Devecchi & Avalos, 2015) han sido las resinas acrílicas y bis acrílicas. (7)



Metil metacrilato

Figura 3. Estructura molecular del metilmetacrilato. Fuente: Available from: <https://aquaterraexpress.com/producto/metil-metacrilato/>

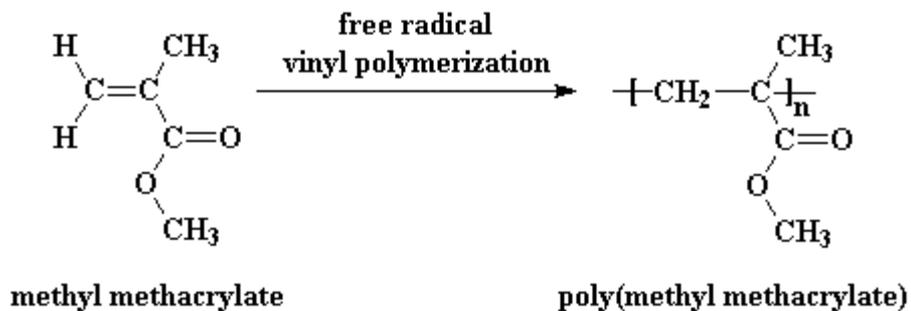


Figura 4. Reacción química del polimetilmetacrilato. Fuente: Darvell, B. W. (Brian William), 1948- , autor. Materials science for dentistry. 10 ed. Duxford, United Kingdom : Woodhead Publishing, 2018

2.2 Concepto

La palabra polímero procede de las raíces griegas *poly* “muchos” y *meros* “partes o segmentos”. Un polímero está compuesto por moléculas más pequeñas llamadas monómeros unidas mediante un proceso químico llamado reacción de polimerización, donde establecen enormes cadenas (formadas por una unidad constitucional repetitiva, UCR o unidad monomérica) para formar una macromolécula. Estas unidades estructurales están unidas entre sí por "enlaces covalentes". (8)

La longitud de la cadena del polímero está determinada por el número de UCR que se repiten en ésta. Esto se llama grado de polimerización. (9)

Para que una macromolécula sea considerada como tal debe poseer un peso molecular por encima de 5.000. Entre más alto sea este valor, mejores propiedades tendrá el polímero, los hay con valores hasta de 50.000.000(*). (9)

Las resinas acrílicas son derivados del etileno y contienen un grupo vinilo (-CC-) en su fórmula estructural. (5)

Existen al menos dos tipos de resinas acrílicas importantes en odontología. Una serie deriva del ácido acrílico, (CH-CHCOOH), y la otra del ácido metacrílico, (CH, CCH COOH). Ambos compuestos se polimerizan por adición. A pesar de que los poliácidos son duros y transparentes, su polaridad, relacionada con el grupo carboxilo, hace que absorban agua. El agua tiende a separar las cadenas, ablandándolas y haciendo que pierdan resistencia. La resina acrílica originalmente es clara e incolora, pero puede teñirse con facilidad, de aquí que sea idónea para que se le den los colores y tonos de las estructuras de la boca, como dientes o encía. Es un material cuyas propiedades físicas y mecánicas mejoran cuanto mayor es su peso molecular. (10)

Como ya se menciona anteriormente cuando el número de moléculas de un polímero está por arriba de 5000, se les llamará macromoléculas; en odontología, es necesario alcanzar pesos moleculares del orden de los 50 000, pues un material con esta característica tendrá mejor comportamiento clínico. (9)

El polimetilmetacrilato (PMMA o resina acrílica) utilizado en el campo de la ortodoncia, tiene una presentación comercial de polvo (polímero) y líquido (monómero) que al mezclarse en proporciones adecuadas (3 a 1 en volumen y 2 a 1 en peso), cambia de estado, dependiendo de la etapa en la que se encuentre, hasta llegar a un estado sólido, por ello se considera un sólido amorfo ya que su disposición es en una cadena molecular larga y ramificada, su distribución es al azar y no presentan un punto de fusión (temperatura en la que una sustancia pasa de estado sólido a líquido) definido, sino que se ablandan paulatinamente. (6)

2.3 Norma

A las resinas acrílicas les corresponden las normas 12, 13 y 15 de la ADA, según si su uso es para bases de dentaduras, para reparación de aparatos de resinas o para dientes fabricados (prefabricados) a base de resinas acrílicas, respectivamente. (11)

Todas estas normas se aplican a compuestos de polímeros sintéticos, tales como polimetilmetacrilato, y a otros acrilatos y sus copolímeros, fabricados para utilizarse en prótesis dental. (11)

Los requisitos que se exigen en estas normas son cumplir con valores de propiedades de superficie (color, translucidez y facilidad de pulido), de cuerpo (porosidad, sorción acuosa y solubilidad) y mecánicos (resistencia flexural y capacidad de a dientes prefabricados y a otras resinas).

Los tres puntos principales que el fabricante debe proporcionar (que es muy similar en las tres normas, ya que se basan en los mismos compuestos) son los siguientes: (11)

- a) La proporción polvo-líquido (polímero-monómero).
- b) El tiempo, la temperatura y el procedimiento para preparar el material.
- c) El tiempo de trabajo después de mezclar polvo-líquido.

Por otra parte, los polímeros autopolimerizables están clasificados por la Norma Internacional ISO 1567 como Tipo II y Clase I pues su presentación comercial es polvo y líquido. (12)

2.4 Propiedades

Al ser usadas en un ambiente húmedo como lo es la boca, las resinas acrílicas deben cumplir con las siguientes propiedades. (Fig. 5.) (9)

Propiedad	Requisitos
Química	<ul style="list-style-type: none">• Debe ser neutral, no tóxico, no irritante y no cancerígeno
Biológica	<ul style="list-style-type: none">• Debe ser insoluble y no reactivo en contacto con los fluidos orales o cualquier otro material orgánico.• No debe absorber fluidos que causen cambios dimensionales.• Compatibilidad con los tejidos orales.
Mecánico	<ul style="list-style-type: none">• Alto módulo de elasticidad y rigidez suficiente para evitar la deformación.• Debe tener una resistencia a la fatiga y una resistencia al impacto adecuadas para soportar la fuerza masticatoria cíclica y las fuerzas de impacto, respectivamente.• Estabilidad dimensional.• Resistencia a la abrasión.
Térmico	<ul style="list-style-type: none">• Buen conductor térmico (evitar quemaduras en boca por cambios de temperatura en los alimentos).

Estético	<ul style="list-style-type: none"> • Debe exhibir suficiente translucidez • Debe poder teñirse o pigmentarse
Otros	<ul style="list-style-type: none"> • Económico. • Fácil manipulación. <ul style="list-style-type: none"> • Radiopaco • Fácil de reparar. • Fácil de limpiar • Larga vida útil.

Figura 5. Propiedades y requerimientos necesarios en una resina acrílica.
Fuente: Darvell, B. W. (Brian William), 1948- , autor. Materials science for dentistry. 10 ed. Duxford, United Kingdom : Woodhead Publishing, 2018

2.5 Ventajas y desventajas

Las ventajas y desventajas propias de este tipo de material son las siguientes. (11)

Ventajas

- Son económicas, insolubles y biocompatibles
- No se requiere equipo sofisticado para su manipulación
- Existen tantas gamas de colores, como variantes de color existen en los tejidos duros y blandos de la cavidad bucal
- Son de fácil manipulación
- Sus propiedades físicas y mecánicas son óptimas para su uso.

Desventajas

- Su dureza es menor a la del esmalte del diente, por lo que sufre abrasión cuando se usa en la reconstrucción de áreas oclusales en función
- En su uso para fabricar bases de dentaduras, su contracción altera las dimensiones verticales de la prótesis
- Existe el riesgo de permitir que se desarrollan hongos bucales (moniliasis).

2.6 Componentes

Existen resinas acrílicas tanto quimiopolimerizables como termopolimerizables, de ahí que contengan compuestos comunes en ambos tipos, aunque son diferentes en el activador de la polimerización. Dichos componentes se aprecian en el siguiente cuadro. (11) (Fig. 6).

Quimiopolimerizables o curado en frío	Función	Termopolimerizables o termocurables
Metacrilato monómero (líquido)	Factor de polimerización	Metacrilato monómero (líquido)
Hidroquinona (líquido)	Inhibidor de la polimerización en almacén	Hidroquinona (líquido)
Etilenglicol dimetacrilato (líquido o polvo)	Agente de cadenas cruzadas	Etilenglicol dimetacrilato (líquido o polvo)
Amina terciaria (polvo)	Activador	Calor
Polimetilmetacrilato (polvo)	Consistencia y aumentar el peso molecular	Polimetilmetacrilato (polvo)
Peróxido de benzoilo (polvo)	Iniciador	Peróxido de benzoilo (polvo)
Fibras y colorantes (polvo)	Caracterizador	Fibras y colorantes (polvo)

Figura. 6. Componentes de resinas acrílicas. Fuente: Barceló S. Palma J. Materiales dentales. Conocimientos básicos aplicados. 3ª ed. México: Editorial Trillas, 2008.

3 CLASIFICACIÓN DE LAS RESINAS ACRÍLICAS

3.1 Por su origen.

Dentro de esta clasificación se les puede dividir en dos grupos naturales o sintéticas. (5)

3.1.1 Naturales.

La mayoría son producto de exudado de troncos de ciertas plantas tales como el ámbar, colofonia, goma laca, copal, sandaraca, damnara, etc. (5)

3.1.2 Sintéticas.

Se han desplazado en su uso a las naturales según el tipo de polimerización o formación de cadenas se clasifican en aquellas en las cuales la polimerización viene acompañada de formación de productos secundarios, se denomina de condensación. Un segundo tipo produce cadenas por adición o suma de moléculas. (5)

Resinas sintéticas de policondensación: Las más usadas son las feno plásticas, amino plásticas, gliceroftálicas y superpoliamidas. Del grupo de feno plásticas es digno mencionar el producto de reacción de fenol + formol = fenol formaldehído patentada por Baekeland con el nombre de bakelita. Dentro del grupo de aminoplásticos está la melamina, utilizada en aislantes y fabricación de discos fonográficos. (5)

Resinas gliceroftálicas: Tienen su principal aplicación en barnices y esmaltes al horno para automóviles. (5)

Superpoliamidas: Se destaca el nylon, principal representante de las superpoliamidas. Muchas de estas resinas se han empleado en la elaboración de aparatos y bases de dentaduras, pero sin éxito. (5)

3.2 Por su composición.

Esta clasificación divide a las resinas acrílicas en heteropolímeros y homopolímeros la cual se basa en el tipo de monómero que conforma su estructura o composición. (13)

3.2.1 Heteropolímeros.

Cuando una cadena se forma con dos tipos de monómeros. (13)

3.2.2 Homopolímeros.

Macromoléculas compuestas por un solo tipo de unidades constitucionales repetitivas (UCR). Polímeros que se obtienen a partir de monómeros idénticos. (13) (Fig. 7)

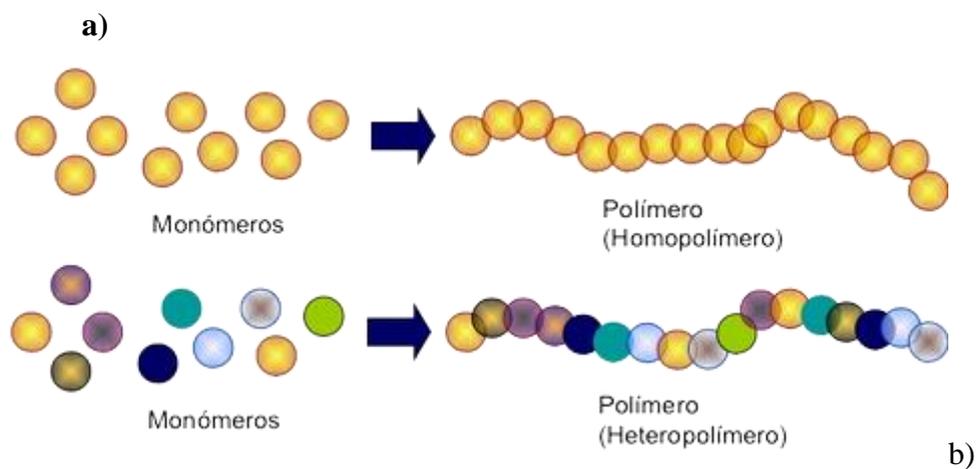


Figura 7. Clasificación de acuerdo a su composición; a) homopolímero, monómeros iguales y b) heteropolimeros, monómeros distintos. Available from: <https://www.goconqr.com/diapositiva/4189059/macromoleculas>

3.3 Por su estructura molecular.

La clasificación por estructura molecular debe su nombre a que no todas las resinas acrílicas tienen el mismo tipo de estructura, de ahí que exista la necesidad de agruparlas de acuerdo a si tienen; cadenas lineales, ramificadas, de enlace cruzado o en red. (14)

3.3.1 Polímeros de cadenas lineales.

Constituidos por cadenas largas y continuas. (14)

3.3.2 Polímeros de cadenas ramificadas.

Cadenas de ramas laterales que se conectan a la cadena principal durante la síntesis del polímero. La ramificación interfiere con el movimiento relativo de las cadenas moleculares; como resultado se incrementa la resistencia a la deformación. (14)

3.3.3 Polímeros de enlace cruzado o entrelazado.

Generalmente de estructura tridimensional, los polímeros entrelazados tienen cadenas adyacentes unidas por enlaces covalentes. (14)

3.3.4 Polímeros en red.

Redes espaciales (tridimensionales) con muchos enlaces cruzados. (14)
(Fig. 8.)

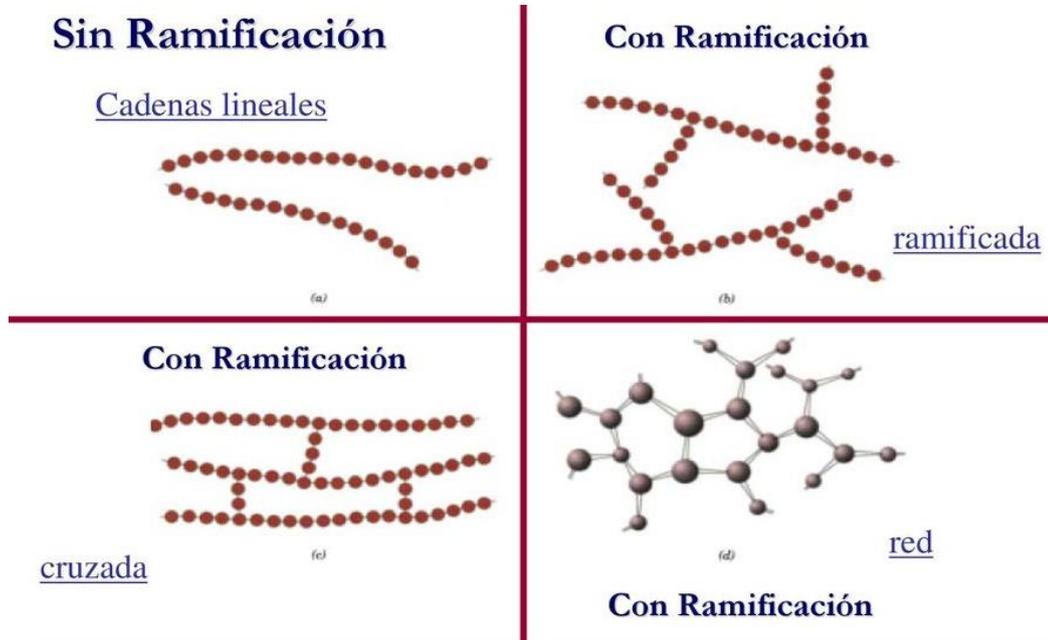


Figura 8. Estructura molecular; lineal, ramificada, enlace cruzado y en red. Fuente: BLOQUE VI.- MATERIALES POLIMÉRICOS. Tema 19.- Polímeros - PDF Free Download [Internet]. docplayer.es. [cited 2023 Jan 7]. Available from: <https://docplayer.es/20659364-Bloque-vi-materiales-polimericos-tema-19-polimeros.html>

3.4 De acuerdo con su comportamiento térmico.

3.4.1 Resinas termoplásticas.

Se presentan en estado de polvo o perlas; se ablandan o plastifican con el calor, estado en el cual pueden ser moldeadas con presión, para luego enfriarlas. En este proceso no se experimentan cambios químicos. (15)

3.4.2 Resinas termoestables.

Estas requieren para la polimerización de agentes químicos tales como iniciadores y activadores. Cuando requieren de calor como activador se les denomina termocurables. (15)

Cuando el activador empleado es de tipo químico, estas polimerizan en frío al medio ambiente y reciben el nombre de resinas de autopolimerización. Durante el proceso de polimerización se suceden cambios químicos. (14)

3.5 Por el tipo de polimerización.

El término "grado de polimerización" corresponde al resultado de dividir el número total de unidades estructurales por el número total de moléculas. Los valores más altos corresponden a los polímeros de unión cruzada para base de dentaduras elaborados a partir de polimetacrilato de metilo, una resina del grupo de los polímeros acrílicos. (13)

3.5.1 Polimerización por condensación.

Como se mencionó previamente, esta reacción corresponde a un grupo de polímeros, que forman cadenas y productos secundarios colaterales como agua, alcoholes, halógenos, los cuales interfieren en el crecimiento de las cadenas. (13)

La bakelita, los poliuretanos, el nylon, los materiales para impresión a base de siliconas, y mercaptanos son ejemplos de polimerización por condensación, los cuales no logran la formulación de moléculas gigantes. (5)

3.5.2 Polimerización por adición

Corresponde al grupo de polímeros, verdaderas macromoléculas, de excelentes propiedades físicas de gran utilidad en odontología. El proceso de formación de cadenas se hace por adición o suma de donde proviene su nombre. En este proceso no existen los productos secundarios propios de la polimerización por condensación. (5)

En la química de polímeros por adición se parte de los monómeros que poseen moléculas con grupos no saturados (dobles enlaces, por ejemplo). El etileno es un ejemplo característico de monómero con doble enlace. Ante un monómero de etileno compuesto de miles de unidades estructurales independientes se hace necesario la presencia de un iniciador químico que sea "previamente" activado, ya sea por efecto físico (calor) o químico. (13)

El iniciador, pues, induce la apertura de los dobles enlaces, creando valencias libres aptas para la unión entre sí de cada una de las unidades estructurales por adición o suma, y la conformación de la cadena de polímeros. Ante la presencia del iniciador se abren los dobles enlaces. (9)

3.5.2.1 Iniciadores y activadores.

La presencia del iniciador, capaz de producir la apertura de los dobles enlaces y generar así radicales, es indispensable en el fenómeno de la polimerización. Dentro de la química de las resinas sintéticas de aplicación en odontología el iniciador más usado es el peróxido de benzoilo de estructura cíclica. (9)

3.5.2.1.1 Peróxido de benzoilo.

Este peróxido de benzoilo ante la presencia del calor (resinas termocurables) o ante la presencia de un activador químico (resinas de autopolimerización), se rompe en 2 radicales; benzoico y fenílico, cada uno de estos con un radical o valencia excitante, que induce la apertura de los dobles enlaces de las unidades estructurales del monómero, para luego unirse entre sí para formar una cadena. (9)

Los activadores pueden ser físicos: Calor, o químicos, dentro de los cuales el más utilizado es el integrado por aminas terciarias como la dimetil-p-toluidina. (5)

3.5.3 Etapas en el proceso químico de polimerización

3.5.3.1 Iniciación.

Corresponde a la etapa de inducción en la cual se activa al iniciador ya sea por medio de energía química, física o radiación luminosa (Ultravioleta o Luz visible). Se efectúa la apertura de dobles o triples enlaces de cada molécula o unidad estructural. El mecanismo es sencillo. El grupo vinilo del metacrilato de metilo es susceptible al ataque de un radical libre, lo que da como resultado la apertura del enlace π , la formación de un nuevo enlace σ con un carbono y la creación de un electrón solitario (es decir, no apareado) en el átomo de carbono central (Fig. 9); esto constituye la reacción de iniciación en el sentido de que se ha iniciado la cadena de polimerización. (9)

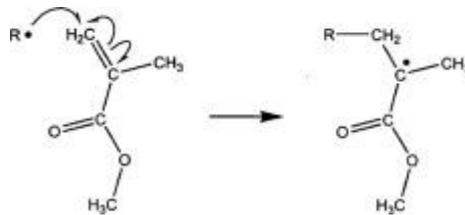


Figura 9. Inicio de la polimerización del metacrilato de metilo por el ataque de un radical libre al doble enlace. (Las flechas rizadas de púas simples indican el desplazamiento de electrones individuales). Fuente: Darvell, B. W. (Brian William), 1948- , autor. Materials science for dentistry. 10 ed. Duxford, United Kingdom : Woodhead Publishing, 2018

3.5.3.2 Propagación o conformación de la cadena.

El nuevo radical libre es igualmente capaz de atacar a otro doble enlace exactamente de la misma manera, y el radical resultante a otro enlace, y así sucesivamente, es decir, un proceso de reacción repetida del mismo tipo. (9) (Fig. 10)

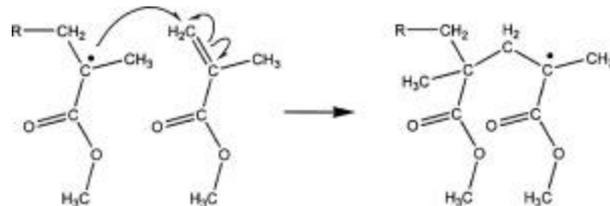


Figura. 10. La propagación de la cadena repite el proceso. Nótese el puente metileno - CH₂ - entre las unidades. Fuente: Darvell, B. W. (Brian William), 1948- , autor. Materials science for dentistry. 10 ed. Duxford, United Kingdom : Woodhead Publishing, 2018

3.5.3.3 Terminación.

La propagación continúa hasta el momento en que ya no se encuentren radicales libres. La terminación de la cadena puede ocurrir en cualquier momento. No es una función directa de la longitud de la cadena ya creada, pero depende de la concentración de radicales libres en el sistema. (9) (Fig. 11.)

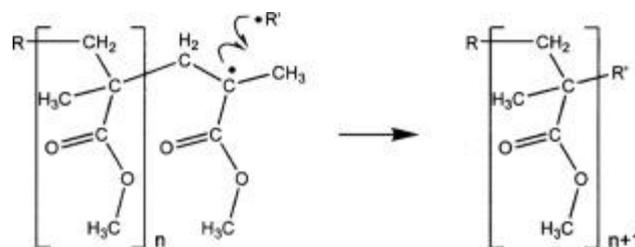


Figura. 11. La terminación de la cadena resulta de la reacción mutua de dos radicales libres. Tenga en cuenta que R' puede ser cualquier radical libre, incluida una cadena polimérica viva. Fuente: Darvell, B. W. (Brian William), 1948- , autor. Materials science for dentistry. 10 ed. Duxford, United Kingdom : Woodhead Publishing, 2018

3.5.3.4 Transferencia de cadena.

Activación de una cadena a otra ya terminada, generando nuevo crecimiento en dicha cadena, aumentando el peso molecular. (6)

Inhibición de la polimerización. (Fig. 12) El proceso de polimerización no termina, particularmente por la presencia casi siempre del monómero libre remanente, y por la activación de otras cadenas. (9)

La presencia de impurezas dentro del monómero ocasiona inhibición de la polimerización. La hidroquinona se adiciona al monómero en cantidades bajas 0.006% en forma de metil-éter de hidroquinona. El oxígeno también actúa como inhibidor de la reacción y de la velocidad de polimerización, al reaccionar con radicales libres. (9)

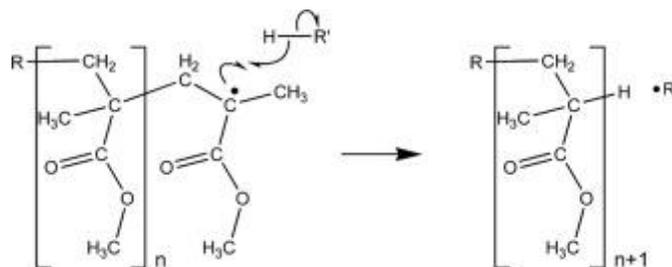


Figura. 12. Las reacciones de transferencia de cadena terminan una cadena y simultáneamente inician otra, que puede ser una rama de una cadena existente. Fuente:

Darvell, B. W. (Brian William), 1948- , autor. Materials science for dentistry. 10 ed.

Duxford, United Kingdom : Woodhead Publishing, 2018

3.5.3.5 Copolimerización.

En la práctica industrial. así como en los plásticos de uso odontológico, no se usan monómeros de uni-composición. En su lugar se adicionan 2 o más monómeros diferentes con el fin de mejorar las propiedades físicas del polímero resultante. Se parte así de un co-monómero (compuesto de unidades estructurales químicamente diferentes) que va a producir una macromolécula mixta de copo-limero. (9)

3.5.3.6 Cadena cruzada.

La adición de agentes químicos promotores de unión entre las diferentes cadenas en forma tridimensional, producen los denominados polímeros de cadena cruzada con mejores propiedades que los de unión lineal. (Fig.13.)

Plastificantes: Estos agentes químicos reducen las temperaturas de ablandamiento o de fusión del polímero. En condiciones de temperatura ambiente es posible tener polímeros de gran plasticidad y flexibilidad, ejemplo bolsas de polietileno, impermeables, etc. (9)

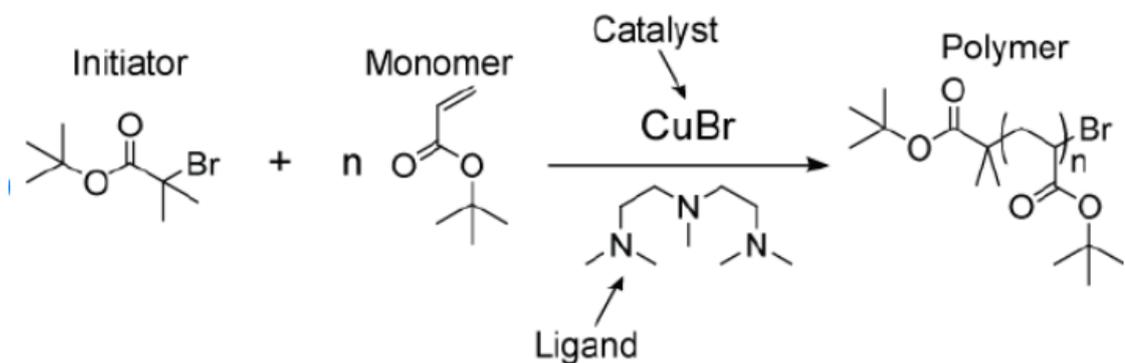


Figura 13. Representación de canalización química en la que por medio de la unión de un iniciador y el monómero se obtiene como producto final un polímero. Fuente: Darvell, B. W. (Brian William), 1948- , autor. Materials science for dentistry. 10 ed. Duxford, United Kingdom : Woodhead Publishing, 2018

3.6 Por su mecanismo para iniciar la polimerización.

Para que polimerice un monómero debe romperse (abrirse) el doble enlace que contiene por la acción de un iniciador activado. La activación puede realizarse por un medio físico o un medio químico por lo cual se clasifican en tres grupos. (10)

3.6.1 Termopolimerizables.

Si la activación es por un medio físico, en este caso dicha activación es por medio del calor. (10)

3.6.2 Fotopolimerizables.

Si la activación física es por medio de una fuente luminosa. (10)

3.6.3 Quimiopolimerizables o autopolimerizables.

Si la activación es por medio químico. El PMMA utilizado en los aparatos removibles de ortodoncia es autopolimerizable. (10)

4 TIPOS DE RESINAS ACRÍLICAS

4.1 Resinas o polímeros vinílicos.

Estos polímeros tienen su punto de partida del etileno. Son de particular interés, por su posible aplicación odontológica las de cloruro de vinilo (Fig.14) y las de acetato de vinilo. Los cloruros de vinilo reemplazan un hidrógeno del etileno sustituyéndolo por un radical cloro. El copolímero de cloruro de vinilo 80% y acetato de vinilo 20% ha sido útil en la elaboración de bases de dentaduras, La poca estabilidad del color del cloruro de vinilo, y la baja temperatura de ablandamiento del acetato se contrarrestan en el copolímero resultante. (5)

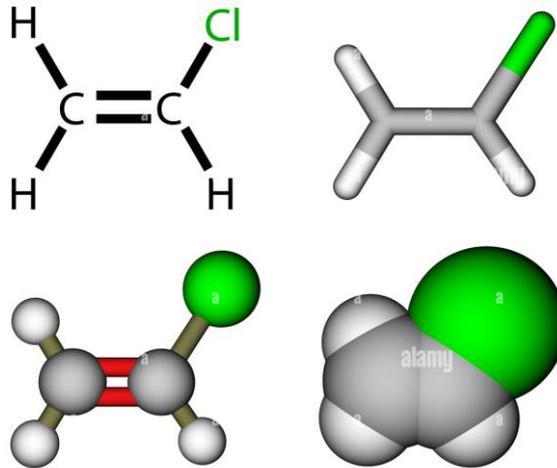


Figura 14. Cloruro de vinilo.

Funete: Alamy imágenes 3D; [Disponible en: <https://www.alamy.es/el-cloruro-de-vinilo-image333551714.html?imageid=BB02E7EC-A2C7-4944-ACE8-5DACB404E6D8&p=292347&pn=1&searchId=225cc62a3d6b8e535d41c09e0fa0e4e3&searchtype=0>]

4.2 Poliestireno.

Un hidrógeno del etileno se sustituye por un grupo bencénico dando el vinilbenceno. (5)

4.3 Etileno o Estireno vinilbenceno.

El poliestireno es una resina termoplástica estable a la luz y resistencia al ataque de agentes químicos. Forma copolímeros de interés para la aplicación en dentaduras. (5)

4.4 Metilmetacrilato.

El polimetilmetacrilato, como tal, no se emplea en odontología. En cambio, el monómero de metilmetacrilato líquido se mezcla con el polímero en polvo. El monómero se disuelve parcialmente en el polímero y forma una masa plástica. Esta masa se introduce en el molde y el monómero se polimeriza con uno de los métodos descritos anteriormente. En consecuencia, el monómero de metilmetacrilato es muy importante en odontología. (6)

El metilmetacrilato es un líquido transparente a temperatura ambiente y cuenta con las siguientes propiedades. (6)

- Peso molecular 100. =
- Punto de fusión -48 °C.
- Punto de ebullición 100.8 °C (obsérvese que está muy próximo al punto de ebullición del agua).
- Densidad = 0,945 g/ml a 20 °C.
- Calor de polimerización = 12,9 kcal/mol.

El metilmetacrilato tiene una alta presión de vapor y es un excelente solvente orgánico. La polimerización del metilmetacrilato se puede iniciar mediante la luz visible, la luz ultravioleta o el calor. Sin embargo, en

odontología se suele polimerizar mediante el uso de un iniciador químico, tal como se explicó anteriormente. (5)

Las condiciones necesarias para la polimerización del metilmetacrilato no son críticas, siempre que la reacción no se lleve a cabo demasiado rápido. El grado de polimerización varía con las condiciones de polimerización, como la temperatura, el método de activación, el tipo de iniciador, la concentración del iniciador, la pureza de los elementos químicos y factores similares. Los monómeros de metacrilato son muy útiles en odontología, ya que se polimerizan en condiciones normales de uso. Muchos otros sistemas de resinas no polimerizan a temperatura ambiente en presencia de aire. Durante la polimerización del monómero de metilmetacrilato puro, el volumen se reduce en un 21%. (9)

4.5 Resinas epóxicas.

El grupo de polímeros epóxicos es de naturaleza termoestable y con acción adhesiva sobre el vidrio y algunos metales. (6)

Su grupo activo es el oxirano o radical epóxico el cual sirve como puntos de polimerización terminal. (5)

La molécula epóxica o etoxilínica clásica usada en química de resinas compuesta es el éter diglicidílico del bisfenol A. Puede utilizar un agente químico para lograr cadena cruzada como el dietil-ene-triamina** Como lo hemos mencionado el copolímero acrílico-epóxico de las resinas compuestas de mayor éxito en la síntesis de resinas compuestas ideado por Bowen es el denominado bisfenol-glicidilo del ácido metacrílico cuya sigla es BIS-GMA, con refuerzo del SiO₂, pretratado con vinil-h-silano. (6)

5 POLIMETILMETACRILATO PMMA

El polimetilmetacrilato es una resina transparente de gran claridad; transmite la luz en el rango ultravioleta a una longitud de onda de 250 nm. Se trata de una resina dura con un número de dureza de Knoop de entre 18 y 20. Tiene una resistencia a la tracción de aproximadamente 60 MPa, una densidad de 1.19 g/cm³ y un módulo de elasticidad cercano al 2,4 GPa (2.400 MPa). (9)

Este polímero es muy estable. No se decolora con la luz ultravioleta y tiene notables propiedades de envejecimiento. Es químicamente estable al calor, se ablanda a 125 °C y puede moldearse como un material termoplástico. Entre 125 y 200 °C, se produce la despolimerización. A unos 450 °C, el 90% del polímero se despolimeriza y forma un monómero. El polimetilmetacrilato de gran peso molecular se degrada a un polímero inferior, al mismo tiempo que se convierte en un monómero. (6)

Al igual que todas las resinas acrílicas, el polimetilmetacrilato tiende a absorber agua mediante un proceso de imbibición. Su estructura no cristalina posee mucha energía interna. Por ello se puede producir la difusión molecular en la resina, ya que se necesita menos energía de activación. Además, el grupo carboxilo polar, a pesar de que está estratificado, puede formar hasta cierto punto un puente de hidrógeno con agua. El polimetilmetacrilato es un polímero lineal y, por ello, es soluble en muchos solventes orgánicos que se pueden encontrar en la clínica o el laboratorio dental, como por ejemplo el cloroformo y la acetona. (5)

5.1 Fases de la polimerización.

En condiciones ambientales el monómero es un líquido transparente y muy volátil. El polvo corresponde al polímero. En las resinas acrílicas las moléculas de metacrilato tienen dobles ligaduras, contienen en su formulación peróxido de benzoilo como iniciador, el cual es excitado por una amina terciaria. También se le agrega hidroquinona para evitar la polimerización del monómero durante su almacenamiento y para lograr un entrecruzamiento de las cadenas y por ende mejores propiedades mecánicas se le añade etilenglicoldimetacrilato. (11)

El polvo y líquido se mezclan en una proporción 3:1 en volumen y 2:1 en peso (11) (Fig. 15.)

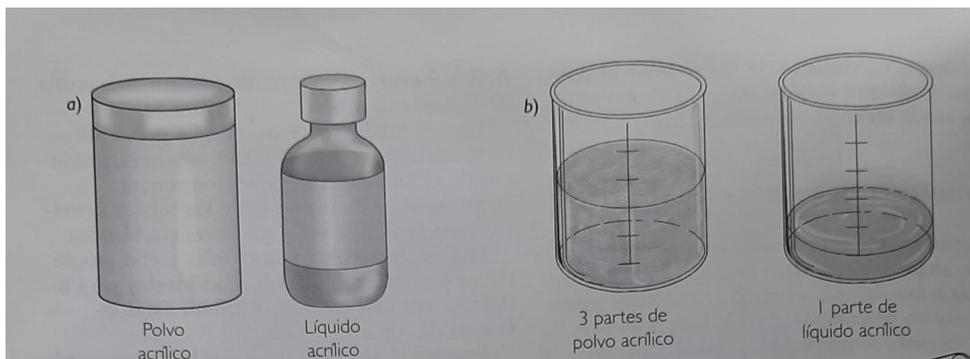


Figura 15. Proporciones de líquido y polvo. Fuente: Barceló S. Palma J. Materiales dentales. Conocimientos básicos aplicados. 3ª ed. México: Editorial Trillas, 2008

5.1.1 Arenosa.

En esta etapa el líquido entra en contacto con el polvo formándose una masa fluida. (11) (Fig. 16.)



Figura 16. Primera fase del PMMA al omento de mezclar polvo y líquido. Fuente propia.

5.1.2 Filamentosa o pegajosa.

Comienza a disolverse el polvo dentro del líquido y se inicia la polimerización. (11) (Fig. 17)



Figura 17. Fase filamentosa; al separarse se observan claramente los filamentos iniciando así la polimerización. Fuente propia.

5.1.3 Plástica.

Se forma una masa que ya no se pega al recipiente que lo contiene. Es ésta la etapa para trabajar. (Fig.18.) Esta etapa se da en las resinas quimiopolimerizables en 3 a 4 minutos. (11)

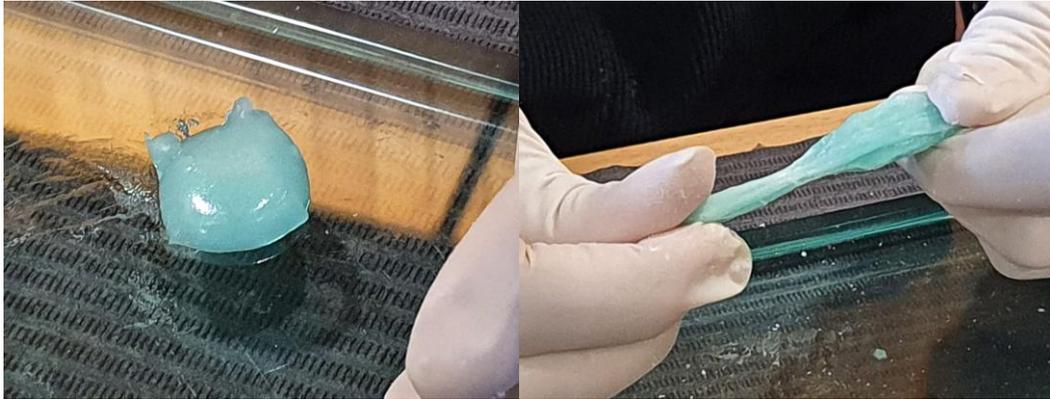


Figura 18. Fase plástica; en este momento el PPMA es moldeable, ideal para su manipulación. Fuente propia.

5.1.4 Elástica.

Parte del monómero remanente desaparece, pierde su plasticidad y ya no se puede moldear. (Fig. 19) En este momento se presenta la reacción exotérmica, que es la liberación de calor. (11)

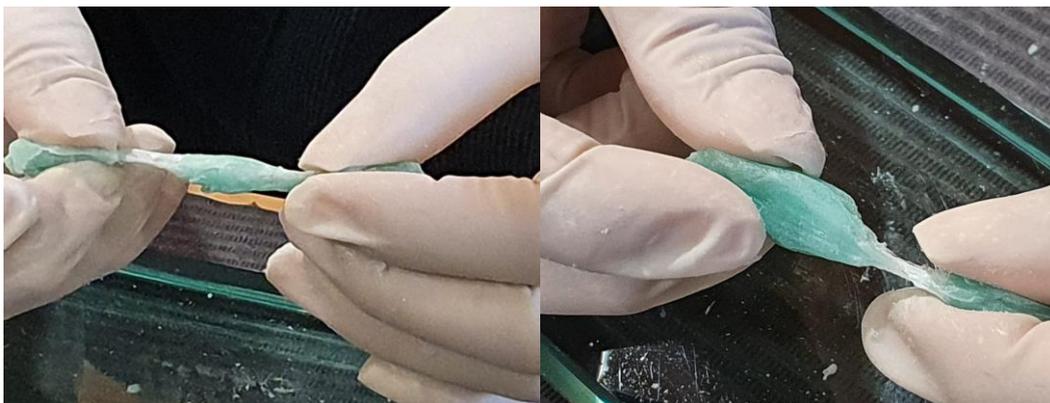


Figura 19. Fase elástica; el PPMA ha perdido su etapa para ser modificable, al separarse en dos porciones o mas y tratar de incorporarlos otra vez no podrán unirse nuevamente dichos fragmentos. Fuente propia.

5.1.5 Rígida.

La resina endurece hasta concentraciones de polimerización que no permiten deformarla fácilmente. (11) (Fig. 20)



Figura 20. Fase rígida, como se muestra en la imagen el PPMA llega a su fase final de polimerización y cada fragmento toma una forma permanente e inmodificable. Fuente propia.

En las resinas quimiopolimerizables este proceso se lleva a cabo en un tiempo de 10 a 15 minutos. (11)

5.2 Monómero residual

Es importante reconocer que la polimerización no se completa una vez que ha pasado la exotermia. Desde hace tiempo se sabe que siempre hay monómero residual presente en el acrílico procesado. Hay dos factores que operan aquí. En primer lugar, como en cualquier reacción química simple entre dos especies, la concentración de cada una es importante. El monómero residual es una consecuencia termodinámica, la cantidad no está controlada por la proporción de mezcla inicial, como se sugiere a menudo, sino que depende solo del tiempo de procesamiento suficiente y de una temperatura adecuada, la mezcla de estos dos factores es la clave para obtener resultados óptimos. No son notables las diferencias entre productos, ni entre clases de productos (fotocurado, microondas o curado en frío), si el tiempo y la temperatura es adecuado. (9) (Fig. 21.)

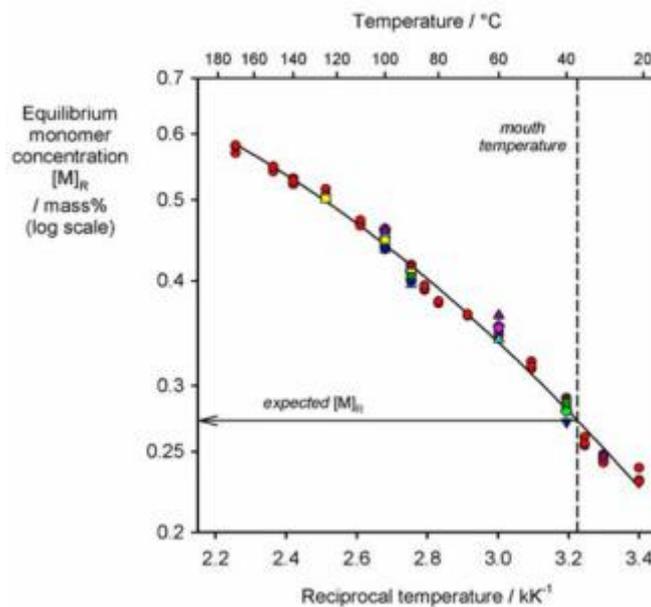


Figura 21. El equilibrio entre el metacrilato de metilo (MMA) y su polímero (PMMA), presurizado para evitar la ebullición del monómero. Los datos experimentales para el sistema puro están marcados con círculos llenos, los productos dentales comerciales con los otros símbolos. No hay diferencia. Se indica el valor esperado a $37^{\circ}C$. Fuente: Darvell, B. W. (Brian William), 1948- , autor. Materials science for dentistry. 10 ed. Duxford, United Kingdom : Woodhead Publishing, 2018

Como se trata básicamente de lograr un equilibrio, este se puede ver afectado por sumarle o restarle tiempo al procesado o pensar el disminuir o elevar la temperatura para llegar al mismo resultado, ya que al alterar estos dos factores este desequilibrio provocara cambios en el resultado final ya sea dimensionales, de la modificación a sus propiedades como lo es la porosidad o bien si es que se coloca de inmediato en boca, la irritación de la mucosa. (9)

Siendo una reacción química que implica diversos factores, una de las consecuencias es que es casi imposible lograr un resultado con “monómero residual cero”, pero si es posible disminuirlo controlando los factores mas importantes antes mencionados que son; el tiempo y la temperatura. (9)

Ahora bien, durante el proceso de contracción se pueden generar tensiones internas que provocaran una deformación, resultando que ya no sea viable para uso dental. Hay dos tipos de contracción. (16)

Contracción inicial. Es la que ocurre durante las 3 fases de la polimerización “inhibición, propagación y terminación”. (9)

Contracción residual. La magnitud aquí dependerá de la cantidad de monómero libre, y puede durar como mínimo 48 horas, se presenta después de la fase de terminación, es variable y cronológica primero una y después la segunda. (16)

Aunque aún no existe un estudio como tal acerca de los porcentajes o proporciones de monómero residual presentes durante la manipulación de la resina acrílica empleada en ortodoncia, pero si es posible, para evitarlo es fundamental seguir las indicaciones del fabricante pues como ya se describió con anterioridad esto podría acarrear distintas consecuencias. (9)

5.3 Técnicas de manipulación

5.3.1 Modelado.

En este procedimiento se mezclan polvo y líquido en una proporción de acuerdo con las indicaciones del fabricante para obtener una masa plástica que después se aplica y adapta directamente al modelo con los dedos. (11)

5.3.2 Espolvoreado.

El polvo (polímero) y el líquido (monómero) no se mezclan formando una masa, sino que se realiza una adición alternativa de polímero y monómero sobre el modelo de trabajo de modo directo utilizando un pequeño frasco pulverizador y un gotero de vidrio, hasta formar la placa de grosor homogéneo. (11)

6 USOS EN ODONTOLOGÍA

En odontología los plásticos sintéticos tienen una gran utilidad y aplicaciones, entre otras dentro de las diferentes ramas y disciplinas de la odontología dentro de los usos más importantes se mencionan los siguientes: (11)

6.1 Prostodoncia

Bases de prótesis total removible, (Fig. 22.) dientes, revestimientos blandos, cubetas personalizadas, materiales de impresión, materiales de reconstrucción de muñones, restauraciones temporales, materiales de cementación/fijación y prótesis maxilofaciales. (11)



Figura 22. Prostodoncia total.

Fuente: Roesch Ramos, Laura. Blog de la Universidad Veracruzana. Disponible en: <https://www.uv.mx/personal/lroesch/docencia/licenciatura/prostodoncia-total/>.

6.2 Ortodoncia

Brackets, resinas adhesivas para brackets, cementos, espaciadores y aparatos de ortodoncia. (11) (Fig.23)



Figura 23. Usos en ortodoncia, placas hawley y aparatología en ortodoncia interceptiva.
Fuente: Imagen con licencia disponible en: <https://sp.depositphotos.com/52108267/stock-photo-multicolored-and-glittered-orthodontic-appliance.html>

6.3 Otros

Odontología quirúrgica: agentes adhesivos de dentina, rellenos de cavidades, cementos de resina y de ionómero de vidrio, selladores de fosas y fisuras, materiales para ferulización y carillas

Endodoncia: puntas de gutapercha, selladores de conductos radiculares, y diques de goma

Equipo: tazones para mezclar, espátulas, protectores bucales (equipo deportivo) y gafas protectoras. (11) (Fig. 24.)

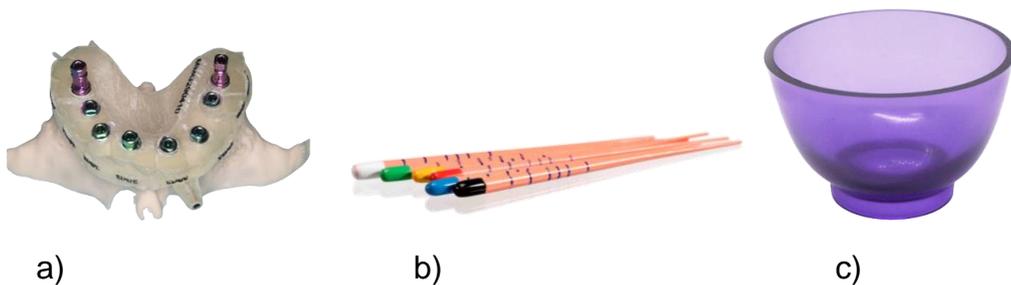


Figura 24. Ejemplos de diversos usos en el campo de la odontología; a) prótesis e implantología, b) endodoncia, c) material dental.

Fuente: Disponible en:

https://www.implantologia+%2B+acrilico&rlz=1C1VDKB_esMX1034MX1034&sxsrf=ALiCzsY2KyTQ3ouvMjlm97XCO0gUa10YHA:1670955157404&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwjPud6Emff7AhUxIGoFHTWCBY0Q_AUoAXoECAIQAw&biw=1280&bih=512&dpr=1.5

7 CONCLUSIONES

Después de analizar toda la información recabada en este documento se pueden comprender mejor ciertos puntos.

Es importante saber las bases y generalidades de los materiales dentales para comprender mejor que es lo que le da ciertas propiedades a un material en específico y así justificar su uso, partiendo desde la forma en que se unen los átomos para formar la materia que nos rodea, es más simple comprender el porqué de las cosas.

Con esta recopilación se sientan las bases de una guía para conocer mejor la manipulación y composición de las resinas acrílicas usadas en ortodoncia, además de que el recurso audiovisual simplifica el aprendizaje para alumnos y profesionales del ramo odontológico.

A pesar de que aún no se sabe qué porcentaje es el monómero residual como resultado de la manipulación del acrílico de autocurado utilizado en ortodoncia para elaboración de aparatología, conocer las consecuencias de no seguir las indicaciones del fabricante y respetar factores clave como lo son tiempo y temperatura beneficia tanto al estudiante de licenciatura y posgrado como al profesionalista para evitar estos errores y obtener el mejor resultado en la práctica clínica.

8 BIBLIOGRAFÍA

1. Ricardo Luis Macchi. Materiales dentales. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana; 2006: 4-11.
2. Lamarque A. Fundamentos teórico-prácticos de química orgánica. Córdoba: Encuentro Grupo Editor, 2008: 19
3. Williams DF. Materiales en la odontología clínica. Buenos Aires, Argentina: Mundi; 1982: 3-12.
4. Vega del Barrio. Materiales en odontología: fundamentos biológicos, clínicos, biofísicos y fisicoquímicos [Internet]. Ediciones avances. España; 1996: 35-66. Disponible en:
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=766365>
5. Anusavice KJ, Chiayi Shen, H Ralph Rawls. Phillip's Science of Dental Materials. 11 ed. St. Louis, Missouri Elsevier/Saunders; 2003. 22-29, 143-166.
6. Anusavice KJ, Chiayi Shen, H Ralph Rawls. Phillip's Science of Dental Materials. 12 ed. St. Louis, Missouri Elsevier/Saunders; 2013. 95-111.
7. González Redondo FA. Ciencia y Técnica entre la Paz y la Guerra. 1714, 1814, 1914 [Internet]. Segunda Edición. Editor: Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas (SEHCYT), Vol. 2. España; 2015 [citado el 22 Nov 2022]. Disponible en:
https://www.researchgate.net/profile/Francisco-Gonzalez-Redondo/publication/347936191_Ciencia_y_Tecnica_entre_la_Paz_y_la_Guerra_1714_1814_1914_Vol_2/links/5fe8b374299bf14088502c44/Ciencia-y-Tecnica-entre-la-Paz-y-la-Guerra-1714-1814-1914-Vol-2.pdf#page=109
8. Callister W. Introducción a la ciencia e ingeniería de los materiales, Volumen II. 3ª ed. Barcelona, España: Editorial Reverté, 2007: 509-512
9. Darvell, B. W., Materials science for dentistry. 10 ed. Duxford, United Kingdom : Woodhead Publishing, 2018: 70-91, 121-142.

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101035-8.50005-5>.

10. Loaiza D del CT, Bonilla DMCZ. Estabilidad del color de materiales provisionales en prótesis fija. Estudio in vitro entre resina acrílica y bis-acrílica. Revista Conrado [Internet]. 2018 Feb 1 [cited 2022 Nov 16];14(62):111–6. Available from: <https://doaj.org/article/9a1ffa41b19045c88c01773b90f92e79>
11. Barceló S. Palma J. Materiales dentales. Conocimientos básicos aplicados. 3ª ed. México: Editorial Trillas, 2008: 15 -232.
12. AENOR. Odontología. Materiales dentales. Madrid, España: AENOR, 1999: 317-329
13. Aldabe S. Química. 1ª ed. Buenos Aires: Colihue, 2004: 268
14. Lamarque A. Fundamentos teórico-práctico de química orgánica. Córdoba: Encuentro Grupo Editor, 2008: 19
15. Seymour R. Introducción a la química de los polímeros. 2ª Reimpresión. Barcelona, España: Editorial Reverté, 2002: 327-328
16. Avaliação da Topografia de Superfície e Microdureza de Resinas Acrílicas e uma Resina Bisacrílica Submetidas a Diferentes Técnicas de Polimento. (Spanish) | EBSCO Essentials [Internet]. essentials.ebsco.com. [citado 20 Nov 2022]. Available from: <https://essentials.ebsco.com/search/eds/details/avalia%C3%A7%C3%A3o-da-topografia-de-superf%C3%ADcie-e-microdureza-de-resinas-acr%C3%ADlicas-e-uma-resina-bisacr%C3%ADlica?query=resinas%20and%20acrilicas&db=edb&an=143628607>