



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ODONTOLOGÍA

MATERIALES PLÁSTICOS EN ODONTOLÓGIA

RODOLFO ANTONIO VILLALBA



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.

CON AGRADECIMIENTO Y
ESTIMACION A
MIS PADRES
ARMANDO VAZQUEZ HOYOS
DELIA TAPIA VDA. DE VAZQUEZ.

A MIS HERMANOS
FEDERICO
MELIDA
ALBERTO.

A MIS TIOS
ING. ALBERTO TAPIA CAMACHO
GRACIELA TAPIA CAMACHO.

A MI ABUELITA
MACLOVIA C. DE TAPIA

A MIS COMPAÑEROS

A MIS MAESTROS
DR. JUAN TAPIA CAMACHO
DR. RAFAEL AYALA ECHAVARRI.

CON AGRADECIMIENTO AL DR. MANUEL REY GARCIA
POR SU VALIOSA COLABORACION EN
ESTE TRABAJO.

CON TODO RESPETO
AL HONORABLE JURADO.

CONTENIDO

- I. A manera de Prólogo e Historia.
- II. Composición Química.
- III. Propiedades Físicas.
- IV. Estabilidad Dimensional.
- V. Contracción de Polimerización.
- VI. Cambios Volumétricos por efectos térmicos.
- VII. Absorción Acuosa.
- VIII. Dureza - Resistencia al desgaste.
- IX. Monomero Residual.
- X. Porosidad.
- XI. Solubilidad.
- XII. Resistencia mecánica.
- XIII. Variaciones del pH.
- XIV. Adhesividad a los tejidos dentarios.
- XV. Calor de reacción.
- XVI. Color.
- XVII. Acción sobre la pulpa.

Indicaciones.

Conclusiones.

Bibliografía.

A MANERA DE PROLOGO E HISTORIA.

La era de la QUIMICA; el milagro de las sub—
tancias por el hombre: Casi todo mundo sabe que agua es H_2O , el lector puede probar la verdad de esta afirmación por sí mismo, mediante la realización de una encuesta — que dirigirá personalmente. Pregúntelo a distinguidos — miembros que dicto en cátedra de Inglés o de Latín, que conozcan tanto de química como un químico de versos grie—
gos. Es sorprendente cuanta gente podrá responder que H_2O significa agua en lenguaje químico.

Unos pocos saben también que SO_4H_2 es ácido —
sulfúrico; pero, por lo general este conocimiento es —
pura casualidad, o la prueba de una excelente memoria —
con respecto a los rudimentos de Química adquiridos du—
rante los estudios secundarios. Hace 150 años todos —
creían que el agua era un elemento; uno de los cuatro —
grandes elementos: tierra, aire, fuego y agua como lo ha—
bían intuido Empédocles 450 años antes de CRISTO, el —
cual lo transmitió a Platón, quien a su vez le pasó el de—
to a Aristóteles.

Durante el transcurso de veintiún siglos, na—
die objetó la aseveración aristotélica, hasta que en —
1781 un noble inglés, tan tímido que ni siquiera dirigía
la palabra a sus criadas, cometió la temeridad de probar
que el agua no es, por cierto, un elemento, sino un com—
puesto químico de dos partes de Hidrógeno y una de Oxíge—
no.

Esta fórmula H_2O señala el comienzo de la sa—
piencia química. Tomadas al vuelo en tan sencillos símbo—
los, están las leyes básicas más importantes de la cien—
cia. Que comprende realmente lo que la combinación quí—

mica de estos átomos significa, como puede efectuarse, y por qué no se la pueda separar fácilmente, sabe entonces toda la química necesaria para entender por qué, por ejemplo, el nylon puede extraerse de carbón, aire y agua. Los productos de las investigaciones químicas a los cuales los suplementos dominicales de los diarios considerarían modernos milagros. Esta magia de los químicos no se ha conseguido en virtud de un truco de prestidigitación de un houndini, sino aplicando imaginación y rudo trabajo, cerebro y sudor, a las leyes inmutables que rigen — las reacciones químicas ni la ligereza de manos ni la — nigromancia tienen cabida en la química, una idea someramente las simples reglas de la química, vivimos ciegos, — sordos y mudos en este moderno mundo. Los términos técnicos químicos aparecen en los grandes titulares de los — diarios; los últimos descubrimientos químicos constituyen el tema obligado de la hora; en la bolsa se descuentan las ventas del nuevo producto químico sintético que usted y yo compraremos en la próxima primavera.

HISTORIA

Fué G.B. Salisbury de Filadelfia (EE.UU.), — quién, en el año de 1943 empleó por primera vez las resinas termoplásticas para puentes y coronas — sin ninguna — modificación, en la obturación directa de las cavidades. Utilizaba las de tipo común, seleccionando las de grano — más fino. La técnica era sencilla: consistía en llevar a la cavidad el material en estado plástico, cubrirlo con una lámina metálica, efectuar compresión sobre ella y luego aplicarle calor (con aire caliente o brujador caliente) hasta conseguir cierto grado de endurecimiento —

en su superficie; obtenido éste, se quitaban los exesos, se controlaba la articulación y se hacía un compás de es-
pera de 24 a 48 horas para efectuar el pulido final.

También en Alemania experimentaron este método, pero empleando directamente en la boca la aplicación de rayos ultravioleta para provocar la autopolimerización.

En Argentina fueron varios los odontólogos que ensayeron esta técnica con resultados poco positivos — (Parula y Carrer entre otros).

Los primeros fracasos se comprobaron al poco — tiempo, al aparecer decoloraciones, desgastes, pigmentaciones, filtraciones en los márgenes e incluso caída de las obturaciones.

Frente al escaso éxito obtenido, se fueron abandonando los intentos de emplear los acrílicos termoplásticos en obturaciones directas, hasta que en Alemania, — como consecuencia de las dificultades en conseguir materiales metálicos para obturaciones directas — secuela de la segunda guerra mundial — se vieron precisados a revertir procedimientos provocándose con ello el resurgimiento de experiencias, como las efectuadas con resinas acrílicas. Con empleo de activadores y catalizadores especiales, lograron conseguir una nueva resina con la tan deseada característica de autopolimerización. Esto fué verificado en el año 1945, cuando científicos de los países aliados, al penetrar las tropas de ocupación, comprobaron — que los alemanes habían desarrollado una resina de metil metacrilato, de polimerización espontánea, adecuada para obturaciones directas que era utilizada con carác-

ter experimental en escuelas de Odontología y Clínicas, aún lo fuera poco por odontólogos en consultorios particulares.

El mayor general N. T. Kirk encontró obturaciones realizadas en 1943, con las resinas acrílicas de autopolimerización, que estaban en perfecto estado. Atribuyó la aplicación de estos materiales a la carencia de oro y plata, que fueron sustituidos temporariamente por acero.

El primer acrílico de obturación directa aparecido en Alemania durante la segunda guerra mundial, fue el Palapont S.H., fabricado por Kulzer y Cía en cooperación con Rohem y Haas Company, de Darmstadt, basado en trabajos anteriores de Schnebel.

En el año de 1947, el Ministerio de Comercio de U. S. A. publicó el informe (F.I.A.T.) preparado por Blumenthal, en el que se describían las resinas acrílicas perfeccionadas por los alemanes durante la guerra.

Posiblemente, la publicación de este informe, unida a la impaciencia de los profesionales por contar con los nuevos materiales, haya sido la causa del apresuramiento de algunos fabricantes en el sentido de lanzar al comercio esos productos, sin una acabada experimentación en sus laboratorios, considerando, por supuesto, que era suficiente garantía lo efectuado por los alemanes, sin tener en cuenta que las circunstancias excepcionales que vivía ese país en ese momento, hacían difícil un control adecuado de esas experiencias.

Fue así como, a partir de los años 1948-1949, fueron surgiendo en el comercio distintas marcas de resinas acrílicas de polimerización en la boca.

Los primeros experimentos fueron, entre otras, las siguientes: Hesacryl - Dentafil - Kadon - Réplica - Ames - Plasto Filling - Ardon - Fasterown, etc.

Empleándolas tal como indicaban sus fabricantes, obteniéndose buenos resultados, siendo materiales - de planas posibilidades.

Con el transcurso de los días, se observaron - los primeros inconvenientes al comprobar que, con marcada frecuencia las obturaciones tendían a tomar coloraciones más oscuras, más amarillentas; estas modificaciones en ciertos casos, eran francamente desalentadoras. El - cambio de color de la obturación no fue el único inconveniente, pues, además de observar: mortificaciones pulpares, desgastes, contracciones del material durante la polimerización, cambios dimensionales por efectos térmicos, etc. La primera comprobación que dió la pauta fue la publicación aparecida en el número de junio 1952 del "Boletín Caulk" en la que hacía referencia a las quejas recibidas de los profesionales y formulaba, a la vez, las sugerencias necesarias (exclusivamente sobre técnica) para tratar de aminorarlos, aunque sin entrar en detalles sobre posibles causas.

A fines de 1952 y principios de 1953, todas - las publicaciones científicas que trataban sobre acrílicos, puntualizaban los cambios de color, y la opinión -

fue unánime en el sentido de que ello era debido a la acción de la luz u otros agentes que provocaban la oxidación de ciertos componentes del plástico.

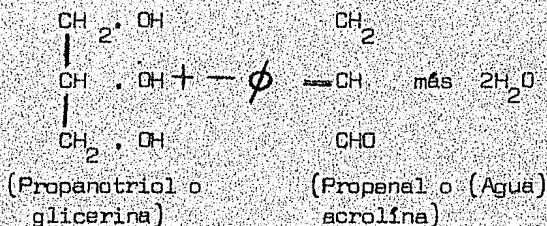
A principios del mencionado año 1953, se recibieron las primeras comunicaciones de los fabricantes, - en los cuales informaban que, en sus respectivos laboratorios, habían comprobado que el principal motivo de los cambios de color experimentados hasta ese momento por - las resinas acrílicas, debían imputarse a los activadores (amina terciaria) y catalizadores (peróxido benzoico) usados con estos materiales, ya que las aminas, siendo compuestos nitrogenados, eran las que, al oxidar como se sospechaba, bajo la influencia de la luz u otros agentes provocaban el fenómeno que se quería evitar. También comunicaron sus recientes experiencias con nuevos - activadores y catalizadores, los que, sometidos a la acción oxidante de los rayos ultravioleta y de otros agentes modificadores, permitieron obtener resinas de color más estable.

En estos últimos años, investigaciones de laboratorios suizos, ingleses y norteamericanos, han proporcionado a la profesión dental nuevos tipos de resinas - acrílicas, por cierto más perfeccionadas desde distintos aspectos técnicos y, sobre todo, desde el ángulo que - tiende a resolver los problemas de las modificaciones - del color.

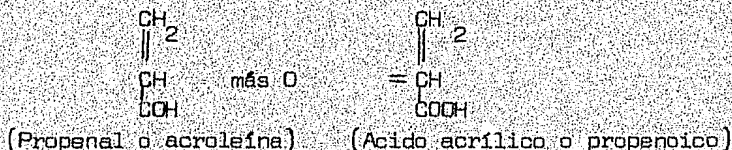
COMPOSICION QUIMICA

Para un conocimiento del mecanismo de acción - de las resinas acrílicas autopolimerizables, es necesario ver su origen químico. Vamos a partir de compuestos previos, con sucesivas reacciones, van a terminar constituyendo el material que nos ocupa.

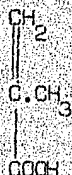
Si la glicerina o propanotriol se calienta en presencia de sustancias deshidratantes, por ejemplo, H_2SO_4 pierde dos moléculas de agua, transformándose en el aldehído correspondiente denominado propenal o acrolina.



Por oxidación, la función aldehído (CHO) se transforma en función carboxilo (COOH) dando el ácido o propenoico.

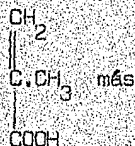


Si en el segundo carbono se sustituye el H. - por un radical metilo, se obtiene el ácido metil acrílico o metacrílico de fórmula.

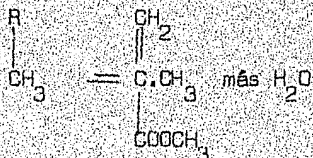


(Ácido metil acrílico)

La reacción entre este ácido y un alcohol de - un éster, por sustitución del H. de la función carboxido por un radical metilo.



(Ácido metil (Alcohol) acrílico)



(Metacrílico (Agua) de metilo)

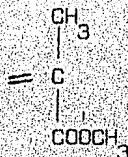
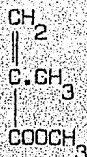
Este éster (metacrílico de metilo) es un líquido incoloro, de densidad 0,945 g/cm³ a 20°C, que solidifica a -48°C, hierve a 100,3°C y se polimeriza a 65°C.

El fenómeno de polimerización es el que hace - posible el tránsito de ese líquido al estado sólido.

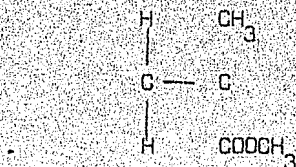
Las moléculas que constituyen el metacrilato - de metilo líquido se hallan al estado libre; por ese motivo se le denomina monómero. La polimerización consiste en encadenar esas moléculas unas con otras, dando por resultado una sustancia que sigue siendo químicamente - metacrilato de metilo, pero que se diferencia del mismo al estado líquido porque su peso molecular es mucho mayor - hasta 50.000.000 - y múltiplo de aquél. A esa sustancia se le denomina polímero.

Esa unión en cadena de la molécula o molécula, que se denomina polimerización, tiene lugar por desdoblamiento de la doble ligadura entre dos de los carbonos de la molécula del monómero. Ello es posible por cuanto - esa doble ligadura es inestable y existe para satisfacer las leyes de la valencia. La polimerización es posible sólo en hidrocarburo de este tipo (no saturados).

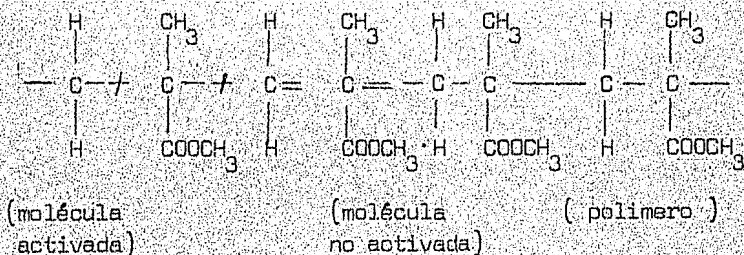
El desdoblamiento de la doble ligadura tiene - lugar en presencia de ciertos radicales o en función de ciertos fenómenos físicos. Tal desdoblamiento deja a la molécula con dos valencias sin saturar. Si distribuimos la fórmula 4 especialmente de otra manera, es posible - comprender mejor el procedimiento. Así:



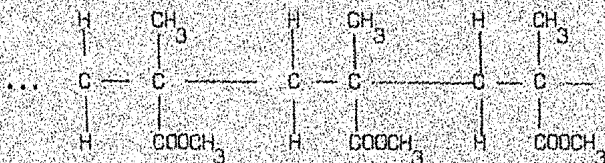
Al desdoblarse la doble ligadura, tendremos - que escribirla así:



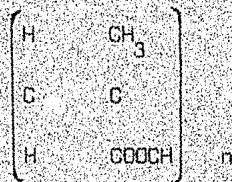
Una molécula en estas condiciones se dice que está activada, y en presencia de otra molécula de monómero es capaz de provocar el desdoblamiento de su doble ligadura y unirse a ella, saturando entre ambas una valencia.



Pero, estas moléculas unidas también están activadas por poseer valencias libres y, en consecuencia - en presencia de una tercera molécula de monómero provocan el desdoblamiento de su doble ligadura y se unen a ella, quedando nuevamente esa cadena pequeña también activada. La fórmula del metacrilato de metilo sería entonces:



..... o también



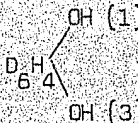
Lo anteriormente dicho, permite sacar en conclusión que el proceso completo de polimerización pasa por sucesivos periodos, que se pueden denominar:

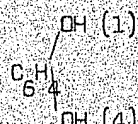
- 1º) De Iniciación: En la que se liberan los radicales y éstos atacan las primeras monomoléculas;
- 2º) De Propagación: En el cual las moléculas ya activadas atacan sucesivas monomoléculas, forman las cadenas; y
- 3º) De Terminación: En la cual las cadenas en crecimiento se acoplan entre ellas y dejan de crecer. La terminación del crecimiento de cada cadena puede hacerse también por transferencia de un átomo de Hidrógeno de una a otra.

En la terminación por acoplamiento sucede que una cadena en crecimiento, por ejemplo, tiene siempre - una valencia libre, la que en vez de activar a una nueva molécula de monómero y seguir creciendo, la intercambia con otra cadena también en crecimiento, lo que ambas pierden su activación, y, en consecuencia, dejan de crecer.

Cuando la terminación se hace por transferencia de un átomo de H., lo que sucede es que una cadena - en crecimiento cede un átomo de H a otra también en crecimiento. Esta segunda cadena al captar el H, satura su valencia libre de activación, con lo que deja de crecer.

Además de radicales libres ciertos agentes físicos como el calor, la luz ultravioleta, etc., son capaces de provocar el desdoblamiento de la doble ligadura - carbono-carbono. Ello hace que la conservación del monómero en un frasco, por ejemplo, sea problemática, pues - esos agentes: luz, calor, etc., provocan su polimerización gradual. Para evitarlo se adiciona al monómero un agente inhibidor de la polimerización. Ese inhibidor o estabilizador como también se le llama es generalmente un difenol, como la

resorcina (meta-fenol-diol) de fórmula C_6H_4 

la hidroquinona (para-fenol-diol) de fórmula C_6H_4 

Tanto el radical benzoico como el fenílico son capaces en presencia de una molécula de monómero de provocar el desdoblamiento de su doble ligadura (muy lábil) con lo cual se inicia la reacción en cadena que vimos al principio:

Comercialmente, las resinas acrílicas se presentan en forma de un polvo y un líquido. El líquido - (monómero) no es más que metacrilato de metilo al que se ha adicionado el inhibidor de la polimerización (hidroquinona, pirogelol, etc.). El polvo (polímero) es también metacrilato de metilo, pero ya polimerizado, es decir: es un polimetacrilato de metilo, preparado en forma de pequeñas esferas o espículas, y al que se adiciona un agente capaz de proveer los radicales libres (peróxido benzoico), sustancias colorantes y ocasionalmente un plastificante como el ftalato de butilo $C_6H_4(COOC_2H_5)_2$ en proporciones del 8 al 10%.

En síntesis, la composición del monómero y polímero, sería:

Líquido	{ Metacrilato de metilo Hidroquinona (estabilizador)
Polvo	{ Polimetacrilato de metilo Peróxido benzoico (iniciador) Colorantes Plastificantes ocasionales (ftalato de butilo)

Puestos en presencia monómero y polímero en - proporciones óptimas -1 parte de monómero y 3 de polímero en peso ó 1 a 2 en volumen se produce un ataque de -

Tanto el radical benzoico como el fenílico son capaces en presencia de una molécula de monómero de provocar el desdoblamiento de su doble ligadura (muy lábil) con lo cual se inicia la reacción en cadena que vimos al principio:

Comercialmente, las resinas acrílicas se presentan en forma de un polvo y un líquido. El líquido (monómero) no es más que metacrilato de metilo al que se ha adicionado el inhibidor de la polimerización (hidroquinona, pirogelol, etc.). El polvo (polímero) es también metacrilato de metilo, pero ya polimerizado, es decir: es un polimetacrilato de metilo, preparado en forma de pequeñas esferas o espículas, y al que se adiciona un agente capaz de proveer los radicales libres (peróxido benzoico), sustancias colorantes y ocasionalmente un plastificante como el ftalato de butilo $C_4H_9COOC_4H_9$ en proporciones del 8 al 10%.

En síntesis, la composición del monómero y polímero, sería:

Líquido	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Metacrilato de metilo} \\ \text{Hidroquinona (estabilizador)} \end{array} \right.$
Polvo	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Polimetacrilato de metilo} \\ \text{Peróxido benzoico (iniciador)} \\ \text{Colorantes} \\ \text{Plastificantes ocasionales (ftalato de butilo)} \end{array} \right.$

Puestos en presencia monómero y polímero en proporciones óptimas -1 parte de monómero y 3 de polímero en peso ó 1 a 2 en volumen se produce un ataque de -

los gránulos de polímero por parte del monómero. Este -
disuelve periféricamente a dichos gránulos y los plasti-
fica. Esa masa plástica pasa entonces por una serie de
periodos que se denominan:

- 1º) período arenoso
- 2º) período filamentosos
- 3º) período plástico
- 4º) período elástico
- 5º) período rígido.

Período arenoso: Corresponde al de incorpora-
ción de polvo y líquido, presenta un aspecto arenoso ya
que hasta ese momento, sólo se hallan en suspensión en -
el monómero los gránulos de polímero.

Período filamentosos: Después ya el monómero -
atacó a los gránulos, produciendo su disolución perifé-
rica. Si en este estado se intenta retirar el material -
del recipiente que lo contiene, el se adhiere a las pare-
des por medio de una serie de filamentos pegajosos.

Período Plástico: Más tarde, la masa pierde -
pegajosidad y no se adhiere a las paredes del recipiente.
Este período se ha producido ya una solución más homogé-
nea de los granos. Es el período que se utiliza el ma-
terial en ciertas técnicas.

Período elástico: Un poco más tarde, se pier-
de la plasticidad y la masa se hace elástica.

Período rígido: Es el que corresponde al mate

rial ya polimerizado.

Este es el mecanismo de polimerización que se produce en las resinas acrílicas termocurables. En estas una vez alcanzado el período plástico, es necesario proceder a su curado -el que generalmente se realiza en muflas-. Luego de atacada la resina se le lleva a una temperatura de 60°C. A esta temperatura se descompone el peróxido benzoico, liberando los radicales que hemos visto, los que entonces sí inician la reacción en cadena.

Esto sugiere la idea de que el peróxido benzoico es entonces un catalizador. Sin embargo, no es así, ya que el catalizador es toda sustancia que actúa por presencia sin intervenir en la reacción y aquí no pasa eso sino que esos radicales intervienen en la reacción, pues al desdoblarse la primera molécula de monómero cambian con ella una valencia y quedan formando parte de la cadena de polímero. Por eso es mejor denominarlo iniciador, pues inicia y desencadena la reacción.

Es decir, entonces, que a pesar de que estas resinas se les denomina de termocuradas, el calor que se suministra debe ser tan sólo el necesario para provocar la descomposición del peróxido benzoico que provea los radicales libres capaces de iniciar la reacción en cadena.

En realidad, la rigidez aparece antes de la polimerización total, pues ésta continúa aún por varios días después de endurecido, como lo prueban las investi-

gaciones de monómero residual.

Las resinas polimerizables, según este mecanismo, no eran aptas para ser utilizadas en forma directa - en la boca, pues era necesario presionarlas y calentarlas hasta 60°C durante más de dos horas. Para su utilización clínica directa es necesario, entonces sustituir el calor por otro agente capaz de descomponer el peróxido benzoico a temperatura ambiente. Esos agentes se denominan convencionalmente activadores. Ejemplos de activadores son ciertas aminas terciarias aromáticas o alifáticas y ciertos derivados sulfonados.

Estas resinas así activadas, como polimerizan a temperatura ambiente se denominan, indistintamente, - autocurables, autopolimerizables, de curado en frío, etc.

Las aminas que en un principio resultaron más satisfactorias fueron la Tributyl, la trihexil y la Tri-octilaminas de fórmula general:

$$R - N - R$$

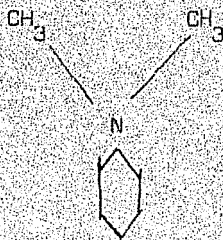
en donde R es una cadena alifática de átomos de carbono e hidrógeno que responde a la fórmula general C_nH_{2n+1} más I.

En pruebas posteriores se descubrió que las aminas aromáticas eran más efectivas para la polimerización, si bien tenían el inconveniente de producir un cambio de color acentuado en la resina.

La amina terciaria aromática más efectiva es, en realidad, una combinación de radicales aromáticos y -

alifáticos sobre un átomo de nitrógeno.

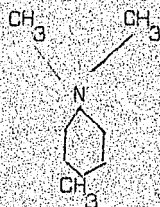
Por ejemplo, la dimetil anilina, de fórmula:



produce una rápida polimerización, pero también un intenso cambio de color como se verá en el capítulo de propiedades físicas.

Ello se debe muy probablemente a la reacción química causada por la posición "para" en el anillo bencénico. Si esa posición "para" se bloquea con otro radical, por ejemplo el metilo, la decoloración se reduce a un mínimo.

Así:



posición "para"

(dimetil para toluidina)

Un poco antes, en Suiza, Oscar Hagger consi-
guió polimerizar metacrilato de metilo recurriendo a
otra sustancia, el ácido para toluel sulfinico
($\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_2\text{H}$) que se por sí y en ausencia de peróxido
benzoico produce la polimerización a temperatura ambien-
te.

El ácido para-toluel sulfinico reacciona con
el monómero en una relación de 1 a 500.

Este sistema de polimerización tiene ciertas
ventajas con respecto al que utiliza peróxido-aminas,
pues el peróxido benzoico, al actuar sobre la hidroqui-
na que contiene al monomero, produce, por una parte, cam-
bio de color, y, por otra, las quinonas (productos fina-
les de la reacción), pueden actuar como inhibidores del
peróxido, con lo que la reacción se hace más lenta.

El ácido para-toluel-sulfinico no oxida la hi-
droquinona y en consecuencia, no causa decoloración,
como así tampoco da productos finales como las quinonas
(capaces de inhibir o retardar el proceso de polimeriza-
ción), por eso, con el ácido paratoluel-sulfinico la
reacción es más rápida, como lo prueba el hecho clínico
de que los productos así activados "endurecen" mucho más
rapidamente.

PROPIEDADES FISICAS

Forma y Tamaño de la Partícula.

- a) polímeros cuyas partículas tienen forma de esferas o perlas.
- b) polímeros cuyas partículas tienen formas de esquirlas
- c) polímeros combinados o sea cuyo polvo está formado por la mezcla de partículas que acusan la forma de - perlas y de esquirlas, respectivamente.

El término "endurecer" en vez de polimerizar, por cuanto polimerizar continúa por un lapso más largo.

Está probado que cuanto menor es el tamaño de la partícula y más irregular su forma, el líquido satura mejor y más rápidamente, obteniéndose una homogénea polimerización, como consecuencia de llegar el monómero a tener contacto directo con una mayor superficie de polvo. Así mismo, cada partícula necesitará menor cantidad de liquido para su saturación, en la misma medida que sea menor su tamaño y, por lo tanto, la contracción de polimerización disminuirá proporcionalmente.

Skinner opina que cuanto más pequeña es la partícula de polímero, se obtiene más homogeneidad en el - color y mayor estabilidad y transparencia.

ESTABILIDAD DIMENSIONAL

Las resinas acrílicas, mientras polimerizan y durante su permanencia en la cavidad bucal, generalmente experimentan cambios dimensionales que obedecen a distintas causas:

- a) Contracción del material, que se produce durante el proceso de polimerización;
- b) Cambios volumétricos por efectos térmicos;
- c) Cambios volumétricos por absorción acuosa.

CONTRACCION DE POLIMERIZACION

Uno de los mayores inconvenientes de estos materiales es que mientras polimerizan, experimentan una marcada contracción la que, con una correcta técnica extremada en todos sus detalles, puede reducirse a un mínimo y hasta casi compensarse.

En valores, la contracción de polimerización es aproximadamente de un 7% en volumen, que traducida a lineal se reduce a un 2 al 3%. En efecto, si dejamos aut polimerizar al metilmetacrilato de metilo líquido (monómero), éste experimenta una contracción probada de un 21% en volumen. Ahora bien, como al preparar una mezcla empleamos generalmente una parte de líquido por dos de polvo en peso ó 1 a 3 en volumen, ahora bien y como éste último no contrae pues ya está polimerizado, debemos calcular la contracción en un tercio del volumen total, vale decir, en un 7% y no en un 21% como sucedería si sólo fuese monómero.

Este índice de contracción es mayor que el de cualquier otro material de obturación empleado en la profesión dental; de ahí que debe tenderse a su disminución u aún compensación, como señalamos presedentemente.

El proceso de contracción dura de 10 a 30 min, si bien algunos investigadores opinan que después de ese lapso sigue el proceso por días y aún semanas, pero en proporción tan mínima que a los efectos clínicos —que son los que aquí interesan— no tienen significación.

Por último, aclaramos que al decir perfecta - técnica nos estamos refiriendo a la necesidad de saturar el polímero con exactitud, ya que si se preparan mezclas demasiadas fluidas aumentará la capacidad de contracción, y si son demasiado espesas, indican que no se ha llegado al grado de saturación conveniente como para evitar la - existencia de partículas a las que no llegó el monómero y, como consecuencia, se ha obtenido un material poroso y semipolimerizado.

La práctica y la experiencia orientan en este sentido y permiten preparar mezclas que, con la mínima - cantidad de líquido, acusan una perfecta saturación.

En estos últimos años, algunos fabricantes - han presentado nuevos materiales con fórmulas modifica- das tratando de mejorarlas, incluso en el índice de con- tracción en el proceso de polimerización. Kadon y Serv- rinton incorporaron un líquido a su fórmula que tiene por finalidad dirigir las contracciones hacia las paredes y retenciones de la cavidad. Réplica posterior Fillings, etc. han incorporado materiales inertes tratando, como - ya dijimos, de darle mayor dureza y mayor estabilidad a los cambios volumétricos.

CAMBIOS VOLUMETRICOS POR EFECTOS TERMICOS

En "Estabilidad Dimensional" hemos enunciado - los cambios volumétricos por efectos térmicos.

Su acción no sólo se observa sobre los materiales de obturación sino sobre el diente en sí y los tejidos que lo constituyen, cumpliéndose el principio físico de que casi todos los cuerpos se contraen con el frío y se dilatan por el calor. Lo que varía, y en nuestro caso nos interesa, es el índice que acusa cada uno de los cuerpos en su expansión.

Y así tenemos que el diente humano tiene un índice de expansión de unos ocho millonésimos por cada grado centígrado proporción semejante a la de la porcelana sintética, que está en 7,6 en la misma escala, mientras que la de la amalgama es casi tres veces superior a la del diente (unos 25,4) y muy superior a los acrílicos, - que llega alrededor de 80 puntos, vale decir casi diez veces la del diente.

Como podemos apreciar por los valores precedentes, si sometemos, por ejemplo, un diente con una obturación acrílica a la acción del frío o del calor, la variación dimensional -de ocho en el diente y de ochenta en el acrílico- producirá indefectiblemente trastornos en la yuxtaposición con las consecuencias fácilmente provisionales, como las de; formación de brechas hipersensibles al frío y al calor; penetración de líquidos bucales; detritus, bacterias, residivas de las caries, etc.

Saussen, Armstrong y Simon probaron, por medio de un experimento de laboratorio, la penetración de calcio iónico entre la pared de la cavidad y el material de obturación.

Pensamos que la hipersensibilidad que acusan algunos pacientes es debida a esta causa, más que a procesos químicos vinculados con los componentes de la obturación.

La sensibilidad al frío es más evidente que la producida por una temperatura superior a la temperatura bucal, la expansión producirá el cierre de la línea de solución de continuidad, contraria a la que produce el frío, los coeficientes numéricos conservan su valor, tanto por la contracción del frío como para la expansión por calor.

Promedio de Coeficientes de Expansión de algunos materiales dentales, dentro del límite de 20 a 50 - grados centígrados.

Coeficiente de Expansión Lineal.

(mm/mm $^{\circ}\text{C}$ por 10^{-6}).

Diente raíz.....	8,3
Diente (corona).....	11,4
Diente (raíz y corona).....	7,8
Cemento de Silicato.....	7,6
Amalgama.....	25,4
Porcelana.....	4,1
Oro.....	14,1

Platino.....9
Resina.....81

ABSORCION ACUOSA

Las resinas una vez polimerizadas y en medio húmedo, absorben agua en proporción directa a la autopolimerización sufrida, lo que equivale a decir que cuanto mejor es la polimerización, menor es la absorción acuosa que experimentan.

La especificación No. 12 de la Asociación Dental Americana, acepta que el aumento de peso que experimenta el material así como absorbe agua, también lo pierde en medio seco.

"Los cambios volumétricos que por absorción acuosa experimenta una pequeña masa de resina autopolimerizable, se caracteriza primeramente por una expansión inicial, luego por una contracción y, por último por una expansión gradual" (Skinner).

Siempre debe primar la precaución que nos asegure una buena técnica y el uso de mezclas bien proporcionadas.

DUREZA - RESISTENCIA AL DESGASTE

Dureza es la resistencia mecánica que presenta un material al ser penetrado, industrialmente existen varios métodos para estos materiales se ha adoptado el sistema Knoop, que consiste en valorar la huella que sobre el material deja un prisma de diamante que actúa sobre él, con una fuerza estática determinada, el penetrómetro de diamante es un prisma con dos diagonales de distintas medidas y con ángulos precisos. Después de la carga, se produce la recuperación elástica del material ensayado, las huellas de las dos diagonales son distintas por cálculo trigonométrico es posible calcular la profundidad inicial producida por el penetrómetro, conocida la carga utilizada y calculando la superficie de impresión en mm, se calculan los valores de dureza.

La escala de valores de dureza de los principales materiales de uso odontológico es la escala KNOOP - (valores medios):

Acrílicos autopolimerizables	16 - 18
Acrílicos termopolimerizables	18 - 20
Cemento de fosfato de Zinc	36
Cemento de silicato	70
Dentina	65
Oro 22 ks colado	76
Amalgama	90
Esmalte	267
Porcelana fundida	415

La resina acrílica es un material muy estético, acusa valores de dureza muy bajos. Esta circunstancia -

indica su uso, casi exclusivamente, a obturaciones en --
dientes anteriores no así en las oclusales y próximo- --
oclusales en las que, al cabo de un año o dos de ser ob-
turadas con este material se notará una evidente desgas
te, que guarda relación con la articulación y otros fac-
tores individuales.

En los últimos años se han utilizado materia--
les inertes como (sílice - óxido de aluminio - carbona-
to de cinc - etc.) destinados a darle mayor dureza a las
resinas en obturaciones posteriores, sin que ofrezcan al
desgaste, la resistencia que se afirma.

MONOMERO RESIDUAL

La resina una vez endurecida aparentemente polimerizada pueden quedar restos de monomero incluidos en la masa plastica los cuales pueden ser eliminados al exterior, total o parcialmente.

La polimerización de las resinas autocurables, nunca están completas como las curadas al calor. En las autopolimerizables, siempre queda alrededor de 3 a 5% de monomero residual, mientras que en las termopolimerizables, esta proporción se reduce a 0,01%. Para evitarnos probables mortificaciones convendrá tomar precauciones, siendo indicado para ello el piso de cemento de fosfato de circ.

POROSIDAD

Las resinas autopolimerizables pueden presentar porosidades, en la mayoría de los casos se vinculan con una deficiente polimerización del material.

Pueden citarse:

- a) exceso de monómero residual;
- b) exceso de líquido al preparar las mezclas;
- c) exceso de polvo al preparar las mezclas;
- d) exceso de catalizador en el polvo;
- e) exceso de plastificante en algunos materiales;
- f) exceso de espatulado;
- g) aire aprisionado en la cavidad en el momento de efectuar la obturación;
- h) polimerización en medio húmedo;
- i) falta de homogeneidad; (distintas concentraciones de monómeros en distintas zonas producirá contracciones localizadas).

SOLUBILIDAD

En el medio bucal las resinas acrílicas son prácticamente insolubles. El coeficiente permitido es de 0,04 mg. por cada cm² de superficie, después de una inmersión en agua a 37°C durante 24 horas (Especificación No. 12 de la A. D. A.).

La solubilidad de las resinas autopolimerizables es ligeramente superior a las de acuerdo al calor, pero en un índice que no tiene significación en el aspecto práctico.

Las resinas acrílicas de obturación directa al cemento de silicato, ya que este sufre una disolución de casi un 2% después de 7 días de inmersión en agua a 37°C.

RESISTENCIA MECANICA

De acuerdo con la especificación No. 12 de la A. D. A. la resistencia debe medirse en función de cargas transversales en probetas de 2,5 mm de espesor, 10 mm de ancho y 65 mm de largo.

La carga, además de producir deformaciones en la probeta, induce tensiones en ella. Este fenómeno de deformación y tensión se denomina deflexión.

Según la especificación presuntamente señalada, esa deflexión para cargas que varían entre los 1.500 y los 3.500 gramos no debe ser mayor de 2.5 mm. Cuando la carga va de 1.500 a 5.000 gramos, la deflexión varía entre un mínimo de 3 mm. y un máximo de 6, 5. Estos valores corresponden, aproximadamente, a un módulo de elasticidad de 24.000 kg/cm^2 a un límite proporcional de 275 kg/cm^2 y una resistencia traccional de 525 kg/cm^2 .

VARIACIONES DEL pH

En un estudio realizado por investigadores en el año de 1960, sobre las variaciones del pH de las resinas autocurables, llegaron a la conclusión de que una vez completada la polimerización, su pH se estabiliza, acusando una ligera acidez.

Las mediciones efectuadas a varios polvos (metilmetacrilato polimerizado) de distintas marcas comerciales demostraron que el pH giraba entre los 6,5 y los 7,3, no teniendo mayor influencia, para esos efectos, los colorantes o los plastificantes agregados a dichos polímeros. En cambio, el pH de los distintos líquidos (metilmetacrilato sin polimerizar) señalaban índices muy superiores a aquéllos.

ADHESIVIDAD A LOS TEJIDOS DENTARIOS

Desde el punto de vista físico, la adhesión no existe en ningún material de obturación, incluso considerando los cementos. El término "adhesión" significa la traba mecánica que se produce entre el material usado y la superficie de la dentina.

Con las resinas acrílicas sucede lo mismo, a despecho a la afirmación de algunos autores, que dan por sentada cierta adhesión inicial que luego desaparecerá gradualmente por una serie de causas:

- a) la obturación se encuentra en medio húmedo;
- b) cambios térmicos, que provocan variaciones volumétricas;
- c) contracción normal del acrílico durante el tiempo que dura la polimerización;
- d) choque masticatorio.

Siendo así, el plástico aún no polimerizado se insinúa a los canalículos dentinarios y que al polimerizar se produce una verdadera traba mecánica que hace pensar en posibles fenómenos de adhesión.

En la actualidad los acrílicos incorporan un líquido denominado "compuesto adhesivo" por separado o adicionado al monómero, con el que se pretende -y se consigue- "dirigir la contracción de polimerización" más que "pegar" la resina a las paredes contrarias. De esta manera, es posible compensar totalmente la contracción de polimerización, agregando simplemente material en su

superficie libre. El líquido obliga a tener ese comportamiento sugiere la idea de que, más que un adhesivo, — sea una sustancia batótoma, que rompe la tensión superficial y permita una perfecta adaptación de la masa plástica a las paredes.

CALOR DE REACCION

La elevación de temperatura que experimenta el material durante el tiempo que dura la polimerización, y depende de los siguientes factores:

- a) material empleado (Marca).
- b) volumen de la mezcla.
- c) proporción polvo-líquido.
- d) temperatura ambiente.
- e) presencia de agua en el líquido.

Marca del material empleado.

Una mezcla puede desarrollar mayor o menor calor de reacción de acuerdo a la marca del material empleado, estando ello relacionado a la forma y tamaño de las partículas del polímero.

Los polímeros de granos pequeños y formas irregulares son más prontamente atacados por el líquido, — pues ofrecen una mayor superficie de impregnación; como lógica consecuencia la elevación de temperatura es mayor y se manifiesta en menor tiempo.

Aumento de la Temperatura de Acuerdo a la Forma y Tamaño de la partícula.

Polvo grueso: tiempo de endurecimiento largo
 Polvo fino: tiempo de endurecimiento rápido.
 Volumen de la Mezcla.

El aumento de la temperatura es mayor y también ocurre más rápidamente, cuando mayor es el volumen del material empleado.

Cuando preparemos una mezcla, empleemos mayor cantidad que la estrictamente necesaria, pues así conseguiremos mezclas de endurecimiento más rápido, fácil espatulado, mejor textura etc.

Este aumento de temperatura, relacionado con el volumen del material empleado, no tiene consecuencias clínicas en la obturación de cavidades de III, IV y V - clases, siempre que exista una pared de dentina o cemento, dentina de alrededor de 1 1/2 a 2 mm que separe a la pulpa de la obturación.

Unicamente en las coronas fundas donde el volumen del material es muy grande, puede elevarse la temperatura de 85 a 100°C y producir eventualmente la mortificación pulpar.

Aumento de la temperatura de acuerdo al volumen del material empleado.

Swedon	cantidad	temperatura máxima
"	0,1 grs.	58°C
"	0,2 grs.	81,3°C

Swedon

0,3 grs.

104,5°C

Proporción Polvo-Líquido

La máxima temperatura que se produce en la mezcla, sucede cuando el monómero se transforma en polímero. A mayor cantidad de monómero presente en la mezcla, mayor aumento de la temperatura, aunque esto ocurra más lentamente.

Comprobación efectuada con el Hesacryl

Hesacryl	Tiempo empleado para obtener la temperatura máxima.	Temperatura máxima.
Fluido	15 min.	75°C
Denso	12 min.	69°C

Tiene importancia la diferente concentración del activador y catalizador presentes en la mezcla.

"El iniciador está, en el polímero (polvo) — mientras que el activador está en el monómero (líquido). La mezcla de consistencia más pesada tiene un tiempo de curado más rápido, la consistencia de la mezcla, dentro de los límites prácticos tiene poco efecto sobre el punto máximo de temperatura desarrollado".

Temperatura Ambiente

La temperatura ideal para la preparación de la mezcla es de 18 a 20°C hasta 32°C.

Por debajo de los 18°C la polimerización se retarda y por encima de los 32°C se acelera, hasta resultar dificultoso el empleo del acrílico en climas muy cálidos.

Presencia de agua en el líquido (I%)

Agregando I% de agua al monómero se produce - un aumento de temperatura y se acelera el tiempo de polimerización.

Esto es, la contaminación del material donde - se está efectuando la mezcla hay una pequeña contamina-ción, cuando estas se efectúan sobre losetas o vasos muy fríos, por ello nos advierte la necesidad de secar bien nuestros elementos de trabajo y evitarnos así dificultades en el tiempo de polimerización.

COLOR

Estabilidad y Modificaciones

Se ha verificado el color varía al cabo de varios meses aunque en proporción menor que con los acrílicos viejos.

Las obturaciones con acrílicos nuevos, en los últimos años, han modificado levemente su tono original, oscureciéndose ligeramente en una proporción tolerable. Para evitarnos todo tipo de contaminaciones dentro ya del trabajo de obturación con el material lo más indicado es el dique de hule un factor preponderante para evitar cambios de color.

REACCIONES ALÉRGICAS PROVOCADAS POR LAS RESINAS ACRÍLICAS.

Las reacciones de mayor sensibilidad, que presentan los tejidos de ciertos pacientes al contacto con determinados materiales pueden producir manifestaciones alérgicas de diversos órdenes: gingivitis, estomatitis y dermatitis. Se debe al exceso de monómero residual que, por defectos de técnica al preparar la mezcla, exceso de plastificadores, fórmulas no bien equilibradas o mala calidad del material, haya quedado remanente una vez polimerizado el mismo.

Además del fenómeno irritante del material debido a su composición química (monómero residual), pueden aparecer ciertas manifestaciones que responden a fenómenos de idiosincrasia personal del paciente al material aún bien curado.

ACCION SOBRE LA PULPA

Con respecto a la acción sobre la pulpa, la mayoría de las resinas acrílicas son irritantes en mayor o menos grado y que siempre debemos tener la precaución de proteger con cemento. Las causas y mecanismos que pueden provocar la mortificación pulpar con el empleo de estas resinas, nos referimos:

- 1.) los efectos de la temperatura que desarrolla el plástico durante el tiempo que dura la polimerización
- 2.) la compresión
- 3.) la acción química de sus componentes
- 4.) las filtraciones que pueden ocurrir entre las paredes de la cavidad y la obturación, provocadas por las contracciones y dilataciones del material, por efectos térmicos.

"La elevación de la temperatura y el tiempo durante el cual se mantiene, depende: del material empleado (marca), volumen, temperatura ambiente, proporción de polímero-monómero y la presencia de pequeñas cantidades de agua, llegando a la conclusión que la temperatura por sí sola, es muy difícil que pueda producir algún efecto sobre la vitalidad pulpar, pues existiendo una pared dentinaria discreta (alrededor de 1 1/2 a 2 mm) que proteja la pulpa, es suficiente como aislante en cavidades de III, IV, y V clases, donde la cantidad del material empleado no tiene el volumen necesario como para producir un gran aumento de temperatura. Solamente en -jacket (corona funda) donde el tamaño del material em-

pleado es voluminoso, puede elevarse la temperatura de - 85 a 100°C. Por eso se aconseja construir las afuera de la boca.

La compresión, efectuada sobre una pared dentinaria poco resistente, puede hacerla ceder y comprimir la pulpa, la cual, por encontrarse entre paredes inextensibles, va forzosamente a la mortificación; esto es un efecto puramente mecánico. Si efectuamos la compresión sobre una pared resistente, pero esa capa dentaria que soporta bien la presión puede ser permeable a la acción química de los componentes del plástico, que penetran por efectos de la presión y que sin esta no se manifiestan. Así deducimos que la acción química de los componentes del plástico, por sí sola, quizás no lesione a la pulpa si la pared de dentina es discreta y siempre que no exista compresión.

Protección con Cemento.

Pues así nos evitaremos que la temperatura que desarrolle el material, la compresión, la acción química de los componentes del plástico y las filtraciones, - pueden ser probables causas de mortificaciones pulpares.

INDICACIONES

Indicaciones de las resinas autopolimerizables son esencialmente para uso en las cavidades de III y V - clase (proximales y gingivales) una cavidad correctamente preparada y cuidando todos los pasos a la técnica, obtendremos una buena obturación. La ventaja de los acrílicos de obturación directa residin en el hecho de que - con ellos podemos efectuar satisfactoriamente reconstrucciones de ángulos, cosa que anteriormente con el cemento de silicato al que se pretende suplantar -, era imposible.

CONCLUSIONES

"La polimerización de las resinas de curado en la boca se produce a temperatura ambiente y en la boca, con desarrollo de calor. El punto máximo de esta temperatura desarrollada y el tiempo en el cual se produce dependen del material empleado, su volumen, la temperatura del ambiente en el que se efectúa el curado, la proporción de polímero - monómero y la presencia de pequeñas cantidades de agua en el monómero. Los tests realizados sobre estas variaciones demuestran que: 1º) Las resinas de curado lento producen temperaturas bajas y las de curado más rápido las producen más elevadas. 2º) Masas de volumen necesario para construir jackets crown (coronas fundas) grandes, de las resinas más rápidas pueden producir temperaturas de hasta 100° Centígrados en el punto de unión de la resina con la dentina. Sin embargo, si un espesor de 2 milímetros de dentina protege la pulpa, esta temperatura puede reducirse, en la cámara pulpar, a más o menos 56°C. Las temperaturas desarrolladas por restauraciones más pequeñas no tienen consecuencias clínicas. 3º) Las resinas curadas a temperatura del cuerpo producen más temperatura y más rápidamente que aquéllas curadas a temperatura ambiente. 4º) El agregado de 1% de agua al monómero producirá mayor temperatura y más corto tiempo de polimerización. 5º) Los efectos de la variación de la proporción polímero - monómero se manifiestan por una más rápida polimerización en las mezclas consistentes y una más lenta en las livianas. El punto máximo a que alcanzan la temperatura se mantiene casi constante.

BIBLIOGRAFIA

LA ERA DE LA QUIMICA DE Williams Haynes
Composición química

- 1 SKINNER E. W. : La ciencia de los materiales dentales. Ed. Mundi, Buenos Aires, año 1956.
- 2 CHRISTLE D. R. : Acrylic filling general comment and some experimental data. The Journal of the Canadian Dental Association, Vol. 17 No. 8 año 1951.
- 3 MC LEAN J. y KRAMER I. R. H. : A clinical and pathological evaluation of a sulphonic acid activated resins for use in restorative dentistry. British Dental Journal 1952.
- 4 MORRANT, G. A. : Acrylic resins activated systems and associated clinical techniques. Reprinted from The Dental Record 1953.

Propiedades físicas

- 1 CASTAGNOLA, L. : Sullo stato attuale delle resine autopolimerizzabili. Revista Italiana di Stomatologia 1953.
- 2 MC LEAN, J. W. : An investigation into the physical properties, histopathology and clinical technique of the mouth temperature polymerization resins. British Dental Journal 1950.

- 3 SKINNER, E. W. La ciencia de los materiales dentales. Ed. Mundi 1957.
- 4 JENSEN y SAUSEN: Autocuring Resins in Operative Dentistry. The Journal of the Canadian Dental Association - 1953.
- 5 SOUDER, W. y PAFFENBARGER, G.C.: Propiedades físicas de los materiales dentales. Oficina Nacional de Normas. Secretaria de Comercio de U.S.A. 1949.
- 6 NELSON, R.J.; WALCOTT, R.B. y PAFFENBARGER, G.C.: Cambios de fluidos en los márgenes de las restauraciones dentales, Journal J.A.D.A. 1953.

Acción sobre la Pulpa

- 1 FRANCHI, E.: Considerazione ed osservazioni cliniche sulle otturazioni in resina autopolimerizabile. Clinica Odontoiátrica 1953.
- 2 BENITES, O.E.: La respuesta de la pulpa dentaria humana a las resinas de autopolimerización. Revista Odontológica 1953.
- 3 GROSSMAN, L.: La reacción de la pulpa a la inserción de materiales de restauración de resina acrílica autocurable. Journal of the American Dental Association - 1953.

CAVIDADES

- 1 RITACO, A.: Consideraciones sobre teoría de Clyde da-

vis para reconstrucciones angulares. Revista Odontol⁶
gica 1953.

2 PARULA, N. Clínica Operatoria Dental. Editorial O.D.A.
1956.