

**UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE ODONTOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ODONTOLOGIA RESTAURADORA**

**“Estudio comparativo in vitro de la dureza superficial de cementos de resina  
compuesta de curado-dual activado física y químicamente”**

**Claudio Catalán Pérez**

**TRABAJO DE INVESTIGACION  
REQUISITO PARA OPTAR AL TITULO DE  
CIRUJANO-DENTISTA**

**TUTOR PRINCIPAL**

**Prof. Dr. Marcelo Bader Mattar**

**TUTOR ASOCIADO**

**Prof. Dr. Manuel Ehrmantraut Nogales**

**Santiago - Chile**

**2010**

## DEDICATORIA

- Dedicado a mi Madre, Sonia Pérez Araya, por su apoyo constante en toda mi vida y formación académica.

## **AGRADECIMIENTOS**

- Al Dr. Marcelo Bader Mattar por su gran disposición, paciencia y ayuda para lograr este trabajo.
- Al Sr. Marco Jorquera por su disposición para poder realizar las mediciones necesarias para la investigación.
- Al Dr. Pedro Terrazas por su ayuda en la estadística necesaria para la investigación.
- A Nicole García Araya, por su amor y apoyo incondicional.
- Y toda mi familia que siempre me ha apoyado.

## INDICE

1. Resumen .....	5
2. Introducción.....	7
3. Objetivos e Hipótesis.....	26
4. Materiales y métodos.....	28
5. Resultados.....	30
6. Discusión.....	38
7. Conclusiones.....	41
8. Referencias bibliográficas.....	42

## RESUMEN

Actualmente los cementos en base a resina compuesta de activación dual han sido cuestionados por algunos investigadores, señalando que ellos no lograrían polimerizar correctamente si no son activados por luz. Esto incidiría directamente en las propiedades físicas de estos materiales, en donde una disminución de ellas, podría producir un fracaso clínico.

Los cementos en base a resina compuesta de activación dual tienen una amplia gama de indicaciones, en especial cuando en algunos casos el material no es accesible totalmente para su fotoactivación y dependemos sólo del endurecimiento mediante activación química.

El test de dureza superficial, ha sido usado durante años como una forma de medir indirectamente el grado de polimerización de una resina compuesta, es por ello que en el presente estudio se comparó la dureza Barcol de dos cementos en base a resina compuesta dual (RelyX™ ARC y RelyX™ U100, ambos de 3M) al ser polimerizados con dos protocolos distintos, es decir, a un grupo se aplicó luz con una lámpara halógena convencional (3M, modelo St. Paul, U.S.A) durante 60 seg. y al otro se dejó polimerizar químicamente, sin luz en un recipiente metálico tapado.

Para esto se confeccionó una matriz de silicona sobre la cual se confeccionaron los cuerpos de prueba, con una cavidad estandarizada de 9 mm de diámetro y 3 mm de altura. Éstos fueron dos cuerpos de activados de forma dual y dos activación químicamente solamente, para cada cemento.

Luego de 48 hrs, en cada cuerpo de prueba se realizaron diez medidas de dureza Barcol en la cara superior y diez en la cara inferior. Los datos de la superficie superior con la inferior se promediaron para dar un valor representativo de la muestra.

Analizando estos resultados estadísticamente en forma descriptiva e

inferencial mediante el Test ANOVA, se puede concluir que los cementos evaluados no son fotodependientes, ya que todas muestran polimerización independientemente de su tipo de activación. Sin embargo los sistemas activados en forma dual lograron mayores valores de dureza. Por último, el cemento en base a resina compuesta RelyX™ARC obtuvo valores mayores tanto en su forma de activación dual como química en relación al cemento en base a resina compuesta RelyX™U100.

## INTRODUCCION

El diagnóstico es primordial para el trabajo clínico odontológico. En él se examinan entre otras cosas, los tejidos mineralizados (esmalte, dentina, cemento) de cada una de las piezas dentarias del paciente. En ellos una falta de salud puede estar causada por una falta de sustancia debido a problemas principalmente embriológicos, como pérdida de sustancia por procesos infecciosos como la caries y por no infecciosos como traumatismos, erosiones y abrasiones (1).

Es por esto que la odontología restauradora se ha encargado de sustituir la estructura dental enferma o perdida, por materiales que permiten restablecer la función y el aspecto de los dientes.

Para conseguirlo se utilizan muchos materiales para diferentes tipos de restauraciones, cada uno de los cuales poseen propiedades específicas. (2)

Esquemáticamente, los materiales restauradores se pueden clasificar en:

Materiales restauradores directos: aquellos que se aplican directamente sobre la preparación biológica, en la misma sesión clínica.

- Resinas Compuestas
- Cementos de Vidrio Ionómero
- Amalgamas

Materiales restauradores indirectos: aquellos que se aplican luego de una etapa de laboratorio previa:

- Aleaciones metálicas
- Porcelanas
- Resinas Compuestas (1)

Éstos últimos necesitan de un material de cementación para llevar a cabo el tratamiento restaurador.

Ésta cementación puede lograrse a través de dos formas: convencional y adhesiva.

En el primer caso las partes se mantienen en contacto sobre la base de la penetración del cemento en las irregularidades que presentan las superficies de ambas partes (diente y restauración). Así, quedan ambas trabadas, impidiendo ello su desplazamiento o separación.

En el otro caso se produce cuando las partes se mantienen en contacto sobre la base de la fuerza lograda por la técnica adhesiva utilizada entre ambas superficies involucradas. (3)

De acuerdo a lo anterior los materiales de cementación se podrían agrupar de la siguiente manera:

#### Cementos Convencionales:

- Fosfato de Zinc
- Ionómeros de Vidrio
- Silico fosfatos
- Policarboxilatos
- Óxido de Zinc y Eugenol

#### Cemento adhesivo:

- Cemento en Base a Resina Compuesta (4)

Con respecto a los cementos en base a resinas compuestas los podemos clasificar de diferentes maneras, una de las cuales es según su forma de activación de la reacción de polimerización o endurecimiento.

De acuerdo a su sistema de activación, los cementos en base a resinas compuestas se clasifican en:

#### Cementos de autopolimerización

- En los cuales, una amina terciaria aromática, es quien activa la reacción de polimerización, al actuar sobre el iniciador que corresponde a un peróxido de benzoilo, lo que permite la producción de radicales libres que

reaccionarán sobre el monómero en el inicio del proceso, a temperatura ambiente.

#### Cementos de fotopolimerización:

Que corresponden a los sistemas activados por luz visible. En estos sistemas una luz halógena, de longitud entre los 410 y 500 nm., activa una alfa-dicetona, la canforquinona, que en presencia de una amina alifática, inicia la reacción de polimerización (5, 6).

#### Cementos de polimerización dual

- Corresponde a la combinación de ambos sistemas de activación de la polimerización, es decir, foto y autopolimerización, siendo estos cementos los más utilizados hoy en día para la fijación de estructuras estéticas indirectas en boca (1)

Lo primero que se empleó como medio para polimerización fue la forma química o autocurado, éste sistema se inicia mezclando dos pastas, así durante el proceso de mezclado es imposible evitar que se incorporen burbujas de aire en la mezcla. Además éstas burbujas contienen oxígeno que causa la inhibición del oxígeno durante el polimerizado. Otro factor es que el operador no tiene control del tiempo de trabajo después que el material ha sido mezclado.

Para evitar estos problemas se crearon los materiales fotoactivados que no requieren ser mezclados. EL objetivo fue lograr el uso de una fuente de luz para activación del sistema iniciador. Si bien logró muchas ventajas significativas; aún tiene algunos inconvenientes como ser dependientes de la luz para polimerizar.

Por lo anterior es que nacen los materiales de activación dual, los cuales consideran ambas técnicas, y que tienen la ventaja de permitir una adecuada polimerización en aquellas ocasiones en que la activación física no es posible, ya sea en áreas muy profundas o porque el grosor y tipo de material de restauración

utilizado no lo permite, superando las limitantes que presentan ambos sistemas por separado (5).

Inlays, onlays, carillas, y coronas libres de metal, son comúnmente cementadas con cementos en base a resina compuesta dual, porque la transmisión de la luz a través de una restauración indirecta es crítico, y la reacción química teóricamente nos garantiza una polimerización satisfactoria.

Considerando que el máximo stress mecánico está primariamente localizado en la interface de material restaurador /cemento/dentina, el material de cementación debe tener adecuadas propiedades mecánicas para resistir las cargas oclusales y otros stresses generados por las fuerzas mandibulares (7).

Puesto que en la cementación de postes u otras restauraciones de gran espesor existen zonas donde llega poca o no llega la luz y por ende sólo se tendría una polimerización química del cemento dual; es que se hace importante investigar sobre el grado de dureza superficial del cemento en base a resina compuesta dual con y sin presencia de luz.

Ya que se está cuestionando la verdadera capacidad de estos materiales para iniciar la polimerización en ausencia de luz, es que el propósito de este estudio es determinar el grado de dureza superficial de dos cementos en base a resina compuesta de activación dual con y sin fotopolimerización previa, de manera de establecer fehacientemente si existen diferencias que avalen la tesis de fotodependencia (24 – 26).

## MARCO TEÓRICO

El trabajo clínico odontológico se planifica y organiza a partir del diagnóstico del estado de salud del paciente. Este diagnóstico permite establecer su estado de salud, el posible riesgo de que contraiga una enfermedad o su estado de enfermedad.

En el diagnóstico se estudia también como están los tejidos mineralizados (esmalte, dentina, cemento) de cada una de las piezas dentarias del paciente. En ellos, la falta de salud puede estar causada por:

- Falta de sustancia (falta de formación por problemas generalmente de origen embriológico).
- Una pérdida de sustancia por procesos infecciosos (caries).
- Una pérdida de sustancia por procesos no infecciosos (traumatismos, erosiones, abrasiones).
- Presencia de tejidos deficientes (calcificación deficiente o pigmentación irreversible) (3).

Es por esto que la odontología restauradora se vuelve tan relevante para poder sustituir la estructura dental enferma o perdida, con materiales que permitan restablecer la función y el aspecto de los dientes (2).

Evaluar la magnitud del daño en las piezas dentarias se vuelve crucial para definir si la restauración se elaborará en boca (restauración directa) o fuera de ella (restauración indirecta.). En este último caso se requiere de un material de cementación, que permita fijar la restauración en la pieza dentaria.

La selección de un material de cementación de estructuras mediante la técnica indirecta, requiere de la consideración de muchos factores relacionados con las propiedades de ambos, es decir, del cemento y de la restauración. (6, 7)

De acuerdo a lo anterior los materiales de cementación se podrían agrupar de

diferentes maneras:

- De acuerdo a su origen podemos encontrar:
  - o Cementos de origen cerámico: Cementos de Fosfato, Ionómeros Vítreos y Eugenatos.
  - o Cementos de origen orgánico: Resinas Acrílicas.
  - o Cementos de origen combinado: Resina Compuesta y Ionómeros Vítreos modificados con Resina.
  
- De acuerdo a su forma de endurecimiento existen cementos que lo hacen mediante una:
  - o Reacción de fraguado ácido-base: Fosfatos, Ionómeros Vítreos y Eugenatos.
  - o Reacción de polimerización radical: Resinas Compuestas.
  - o Reacción de fraguado ácido-base y polimerización radicálica: Ionómeros Vítreos modificados con resina y cementos de resina compuesta autoadhesivos.
  
- De acuerdo a su mecanismo de acción para fijar la restauración:
  - o **Cementos convencionales:** En una restauración fijada de forma convencional, los medios cementantes habitualmente utilizados se comportan como mero relleno de la solución de continuidad entre las paredes dentarias y las de la restauración.

Esa capa deberá ser lo más delgada posible, ya que estos cementos en general tienen mayor fuerza adhesiva que cohesiva y la retención que ofrecen es físico-mecánica por “efecto geométrico”, o sea, trabándose al endurecer entre las irregularidades de las paredes dentarias y las de la restauración. No ofrecen gran poder de retención, por lo que en todos los casos las preparaciones dentarias deberán tener un diseño tal que permita una buena retención por fricción o macro-traba, evitando así su dislocación en función.

La otra finalidad de los cementos, que es sellar la interfaz diente-restauración, también requiere restauraciones bien adaptadas, ya que de lo contrario, y debido a los diferentes grados de solubilidad que presentan en boca, pueden sufrir degradación y con ello también generar la pérdida de la restauración o caries recidivante.

Otro factor a considerar son sus propiedades estéticas, que tampoco son buenas, producto de su opacidad.

Entre este tipo de cementos encontramos a los cementos de Fosfato de zinc, los Ionómeros Vítreos, los Silico fosfatos, los Policarboxilatos y los Óxido de zinc-Eugenol.

- **Cementos adhesivos:** En este caso se trata de cementos de resina compuesta utilizados con conjunción con su sistema adhesivo, y más que simplemente “rellenar” la solución de continuidad entre la restauración y el diente, se van a “integrar sub-estructuralmente” a los sustratos. De esta forma, entonces, van a brindar excelente retención, sellado de las interfaces y adicionalmente, en muchos casos, refuerzo de las estructuras dentarias y/o protección del órgano dentino-pulpar.

En cuanto a las restauraciones cerámicas y poliméricas, éste tipo de cementación les permitirá obtener un soporte íntimo facilitando la redistribución de las tensiones, tornándolas así intrínsecamente más resistentes (8).

Entre los materiales utilizados en forma adhesiva encontramos a los cementos en base a resina compuesta.

Dado que los materiales de cementación a base de Resina Compuesta son los más usados actualmente para la fijación de restauraciones estéticas de estructuras cerámicas y polímeros reforzados, se analizarán a continuación (7, 9).

## Resinas Compuestas:

En tiempos pasados, sólo se disponía de materiales tales como las cerámicas y los metales, pero en 1962, después de múltiples experimentaciones, R. L. Bowen dio a conocer un nuevo material, el cual denominó Resina Compuesta o Reforzada (Composite), el cual se basaba en un monómero de mayor peso molecular que el metacrilato de metilo utilizado en las resinas acrílicas, lo que le otorgaba propiedades mecánicas y estéticas superiores a los acrílicos; además le adicionó un refuerzo en base a cuarzo, lo que hacía disminuir de manera significativa sus cambios dimensionales (10).

El término resina compuesta se utiliza para definir un material constituido por tres fases diferentes: la fase matriz o resina, la fase dispersa o de relleno y la fase interfacial o de unión constituida por agentes de tipo silanos (10).

### Fase orgánica o matriz:

Formada principalmente por un sistema de monómeros di- o trifuncionales, donde el Bis- GMA ( Bisfenol A-glicidil metacrilato) es el monómero actualmente más usado en la fabricación de los composites, ya sea sólo o asociado al dimetacrilato de uretano (UDMA), e integra la composición estándar de las resinas compuestas en una proporción cercana al 20% en peso (11).

Estos monómeros de alto peso molecular, particularmente Bis-GMA, son extremadamente viscosos a temperatura ambiente, por lo que es esencial diluirlos agregando monómeros de bajo peso molecular para producir una pasta de consistencia clínica manejable. Al bajar la viscosidad de la mezcla monomérica se puede incorporar más relleno dentro de ella. Los diluyentes o controladores de la viscosidad son el dimetacrilato de bisfenol A (Bis-MA), el etilenglicol-dimetacrilato (EGDMA), el trietilenglicol – dimetacrilato (TEGDMA) y el metilmetacrilato (MMA). La reducción de la viscosidad es significativa cuando el TEGDMA es agregado a Bis-GMA (1, 2, 11 – 17).

Es sabido que cuánto más bajo es el peso molecular promedio del monómero o de su mezcla, mayor será el porcentaje de contracción volumétrica. De esto se deduce que desafortunadamente la adición de estos monómeros de bajo peso molecular, aumenta la contracción, lo que limita la incorporación de éstos a las resinas compuestas (1, 11, 13, 17, 18).

Además del monómero, otros aditivos se mezclan con la matriz de la resina compuesta, incluyendo un sistema iniciador y acelerador, un sistema inhibidor o estabilizador, modificadores ópticos y pigmentos (1, 15).

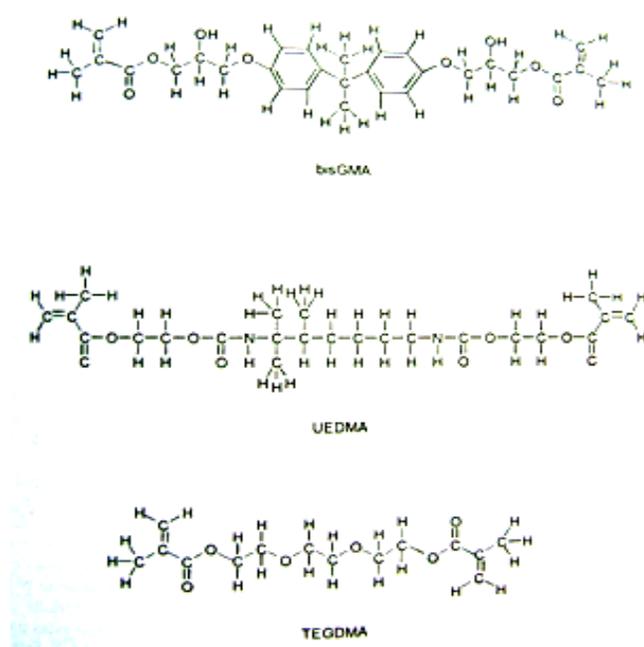


Fig.1 Estructuras moleculares de los monómeros de BIS-GMA, UDMA y TEGDMA

### Fase dispersa o de Relleno inorgánico

Compuesta por partículas inorgánicas incorporadas de manera dispersa en la matriz orgánica, las cuales mejoran significativamente las propiedades físicas y mecánicas de la resina compuesta. Es por esto que la incorporación del mayor porcentaje posible de relleno, es considerada un objetivo fundamental. Las

partículas inorgánicas de relleno por lo general representan un 70-80% del peso del compuesto (11, 12, 15, 17-19).

Como consecuencia de un aumento en la cantidad de relleno, las propiedades como contracción de polimerización y coeficiente de variación dimensional térmica disminuyen, ya que la cantidad de monómero por volumen es menor. En cambio, la resistencia a la compresión, resistencia elástica, módulo de elasticidad y la resistencia al desgaste aumentan considerablemente (1, 13, 15, 17, 18). Además las partículas de relleno proporcionan radioopacidad, viscosidad, mejoran la manipulación e incrementan la estética (13, 11).

Existen una gran variedad de partículas de relleno, las que son empleadas en función de su composición química, morfología y dimensiones, destacando de forma mayoritaria el dióxido de silicio, así como también los borosilicatos, y alumino-silicato de litio (11).

El cuarzo se ha utilizado mucho como relleno, en particular en la primera generación de los composites, pero su desventaja es su extremada dureza, lo cual dificulta su capacidad de pulido y puede causar mayor desgaste en los dientes o restauraciones antagonistas (1). Por este motivo se ha reemplazado parcialmente por partículas de metales pesados como el bario, estroncio, zinc, aluminio, zirconio, yterbio o itrio, todos radioopacos (2, 11, 12). Cabe destacar el uso de silicatos y aluminio como rellenos, debido a que poseen un coeficiente de expansión térmica negativo, con lo cual se reduce aún más este coeficiente en la resina compuesta.

Las partículas de relleno pueden tener formas de fibras o ser esféricas, irregulares o planas y antiguamente su tamaño podía alcanzar hasta un máximo de 40 o 60  $\mu\text{m}$ . Sin embargo, actualmente la tendencia es a reducir el tamaño de las partículas, de tal manera que la mayoría de las resinas compuestas tienen partículas de relleno con un tamaño que varía entre 0,02 a 3  $\mu\text{m}$ , con un promedio de 0,4 a 0,8  $\mu\text{m}$  (3).

Es importante tener en cuenta que la evaluación del porcentaje debe efectuarse en función del volumen ocupado por las partículas y no por su peso, ya que al ser el peso específico de la partícula de relleno mayor que el peso específico del monómero de resina, surge la falsa idea de que hay más relleno del que realmente existe (2).

### Agente de enlace o Agente de acoplamiento

Es necesario que las partículas de relleno se unan químicamente a la matriz de resina, ya que así se permite que la matriz del polímero que es más flexible, transfiera las tensiones a las partículas de relleno, que son más rígidas, lo cual logra la disipación de las tensiones en la interfase relleno-monómero (1, 17, 20). El enlace entre las dos fases del compuesto es proporcionada por un agente de acoplamiento, el cual aplicado en la forma adecuada, puede impartir propiedades físicas y mecánicas mejoradas y proporcionar estabilidad hidrolítica para prevenir la penetración de agua a través de la interfase relleno-matriz de resina (1, 15, 17, 20, 21)

Es frecuente el uso de silanos orgánicos (15, 20, 21), que son moléculas con doble polaridad, es decir, bifuncionales, las que cubren el relleno inorgánico y pueden reaccionar mediante enlaces de tipo covalente con la superficie orgánica y por enlaces iónicos a la superficie inorgánica, consiguiendo de esta manera la unión química entre las partículas de relleno y la matriz resinosa (2, 12, 20), lo que las mantendrá firmemente unidas durante su uso en boca.

### Polimerización

La polimerización es una reacción química que transforma moléculas pequeñas (monómeros) en grandes cadenas de polímeros. (1). Este proceso se denomina conversión del monómero a polímero y posee cuatro etapas: activación, iniciación, propagación y terminación.

En la activación se descompone el agente iniciador ya sea por activación física, en el caso del fotocurado y del termocurado, o por una activación química, en el caso del autocurado. En este último, el hecho de que se deba mezclar la pasta base, la que contiene la amina activante, con la pasta catalizadora, que es la que contiene el peróxido, reviste especial importancia pues una proporción errada, aún cuando sea levemente incorrecta, redundará en poco tiempo de trabajo o en la conversión incompleta del monómero a polímero.

Durante la iniciación el radical generado por la activación del iniciador reacciona con el monómero abriendo su doble enlace de carbono, activándolo para que a su vez éste reaccione con otros monómeros y así sucesivamente, constituyéndose de este modo la etapa de propagación.

En la terminación de la conversión de monómero a polímero siempre queda monómero residual que no polimerizó debido a diversos factores como peso molecular del monómero, grado de enlaces cruzados, impurezas químicas, presencia de inhibidores como el oxígeno e insuficientes centros de activación. Monómeros de alto peso molecular y consecuentemente muy viscosos, unido a una rápida propagación, generará una polimerización incompleta en la formación de las cadenas poliméricas.

Comúnmente los procesos de polimerización de Resina Compuesta pueden ser activados por dos procesos diferentes: activación química y activación física. A su vez la activación física se puede lograr por temperatura o por luz.

Las Resinas Compuestas se pueden clasificar de acuerdo a los siguientes criterios:

1. Según el tipo de relleno.
2. Según tipo de monómero que compone la matriz.
3. Según Indicación.
4. Según consistencia.
5. Según activación.

Dado que las propiedades están directamente influenciadas por el grado de conversión de polimerización y éste a su vez, está relacionado con la forma de activación de la resina compuesta (22), se analizará ésta última clasificación.

### Forma de activación de las Resinas Compuestas

#### Resinas compuestas de activación Química

Corresponde a las resinas compuestas en las cuales, una amina terciaria aromática, es quien activa la reacción de polimerización, al actuar sobre el iniciador que corresponde a un peróxido de benzoilo, el cual, al ser energizado va a generar radicales libres, los que actuarán sobre los monómeros para abrir sus dobles enlaces y dar así inicio al proceso, a temperatura ambiente (2).

Entre los problemas que atrae este tipo de activación se encuentra que el tiempo de trabajo está limitado por la cinética de la reacción química que se inicia al comenzar la mezcla de las dos pastas. Además, si no se logra una pareja distribución del iniciador y el activador pueden quedar partes sin completar su polimerización.

En esta forma de activación es necesaria una mezcla y para efectuarla de modo adecuado se hace necesario, inevitablemente, una manipulación para mezclar el material durante un tiempo y así distribuir homogéneamente los reactantes. Esto puede generar que se incluya aire en la masa mezclada y esa porosidad generada por el aire atrapado durante la mezcla va a tener una influencia significativa en la estructura final, las propiedades mecánicas, la armonía óptica y la posibilidad de mantenimiento de la forma anatómica de la restauración resultante (23). Otro factor a considerar es su cambio de color (matiz) en función del tiempo. En efecto, en estos materiales la activación de la polimerización se obtiene por una reacción de óxido-reducción que se produce entre una amina y un peróxido. Ella deja subproductos que se modifican con el tiempo, especialmente con la exposición a radiaciones ultravioletas, tomando por

lo general un color con matriz amarillo a café. Al incorporar estabilizadores de color esta situación puede mejorarse pero no se elimina del todo.

Finalmente, el tiempo útil de almacenamiento se ve reducido por la necesidad de presencia de un peróxido en contacto con monómero. Éste va reaccionando lentamente y después de algún tiempo no queda disponible para actuar y el material ya no polimeriza o lo hace con mucha lentitud (3).

### Resinas compuestas de activación Física

La activación física puede darse de dos formas: por temperatura y por luz.

En el primer caso se utilizan para confeccionar restauraciones indirectas, obteniéndose muy buenas propiedades mecánicas al obtener una reacción de polimerizado bastante completa y controlada, debido a la alta energía que se produce en la reacción.

Los sistemas activados por luz visible son los más ampliamente utilizados en odontología principalmente en las técnicas directas. En estos sistemas, una luz halógena, de longitud entre los 410 y 500 nm, activa una alfa-dicetona, la canforoquinona, que en presencia de una amina alifática, inicia la reacción de polimerización.

El fotocurado permite un prolongado tiempo de trabajo y corto tiempo de endurecimiento o fraguado. Además, al no existir el sistema amina peróxido, no se generan cambios de color significativos y su estabilidad durante el almacenamiento es mayor, mejorando así todas las dificultades antes expuestas en las Resina Compuestas de activación química (3).

### Resinas compuestas duales.

Corresponde a la combinación de los dos sistemas de activación de la polimerización, es decir, foto y autopolimerización, esto tiene especial importancia

cuando la incidencia de luz es menor, como por ejemplo en la reconstrucción de muñones o en la cementación de pernos endodónticos.

Las resinas compuestas, en un principio se utilizaron sólo como material de obturación directa, pero su acelerado desarrollo ha permitido expandir su abanico de indicaciones aprovechando sus características, llegando a utilizarse en restauraciones indirectas y como material para la fijación de ellas (cementos de resina compuesta). También se amplió su campo por las distintas consistencias que hoy en día presentan estos materiales, otorgándoles así una mayor cantidad de indicaciones clínicas.

### Cementos de Resina Compuesta

Los cementos de resina poseen propiedades físicas y mecánicas comunes con el resto de la familia de las resinas compuestas, pero presentan algunas diferencias como por ejemplo, menor viscosidad y un tamaño de particulado más pequeño, cercano o menor al micrón en promedio y un porcentaje de relleno en torno al 40% en volumen con el fin de lograr un grosor de película fino. Además, los cementos de resina pueden ser polimerizados químicamente y / o físicamente, pero existen los llamados cementos de resina de curado dual, que polimerizan mediante un proceso de auto curado y foto curado, simultáneamente, lo que permite su elección en la fijación de estructuras tanto metálicas como cerámicas.

Se pueden clasificar según el modo de acondicionamiento del remanente dentario en:

- A. Convencionales: que a su vez pueden ser de dos tipos:
  - Los que necesitan de grabado ácido, lavado y sistema adhesivo más fotopolimerización del adhesivo.
    - Ejemplos: RelyXARC (3M ESPE), Variolink II (Ivoclar), Calibra (Densply)
  - Los que no necesitan acondicionamiento ácido previo y utilizan adhesivos autograbantes.

- Ejemplos: Paracore (Coltene), Rebilda (Voco)
- B. Autoacondicionantes: Constituyen la última generación de cementos en base a resina compuesta, disminuyendo considerablemente los pasos clínicos, ya que no utilizan acondicionamiento ácido previo, ni tampoco sistemas adhesivos.
  - Ejemplos: RelyX<sup>tm</sup> Unicem (3M ESPE), RelyX U100 (3M ESPE), Biscem (Bisco)

También se pueden clasificar según su tipo de activación de la polimerización en:

- Cementos en base a Resina Compuesta de fotoactivación: Dependen de la luz para desencadenar la reacción de polimerización. Sus principales ventajas son la estabilidad de color y la elección del inicio del endurecimiento lo que permiten un largo tiempo de trabajo. Sólo son adecuados en los casos con restauraciones estéticas de poco grosor y opacidad, como son las carillas estéticas.
  - Ejemplo: RelyX<sup>TM</sup> Veneer Cement (3M ESPE), Choice 2 (Bisco), Calibra (Dentsply), Variolink (Ivoclar)
- Cementos en base a Resina Compuesta de autocurado: No son fotodependientes al poseer suficientes iniciadores y activadores químicos en su preparación para poder desencadenar la reacción de polimerización: Son útiles para el cementado de restauraciones que impiden la penetración lumínica, tal como cementación de pernos o incrustaciones metálicas, por ejemplo. Poseen poco tiempo de trabajo y son sensibles a la técnica del operador.
  - Ejemplo: Panavia 21 (Kuraray), C&B Cement (Bisco), Maxcem Elite (Kerr)
- Cementos en base a Resina Compuesta de activación dual: Surgen como una manera de superar las deficiencias de los sistemas fotodependientes o de autocurado. Reúnen las ventajas de ambos sistemas. Es decir, si no se

realiza la fotoactivación el material teóricamente es capaz de activarse químicamente con la mezcla de sus dos componentes. Al poseer el sistema de activación amina terciaria/peróxido de benzoilo, su estabilidad de color puede verse comprometida en el tiempo, lo que no es aconsejable su uso en carillas.

- Ejemplo: RelyXARC (3M ESPE), RelyX U100 (3M ESPE), Biscem (Bisco), Panavia F 2.0 (Kuraray), Calibra (Dentsply), Variolink II (Ivoclar)

Algunos investigadores como Hofmann F., Braga RR. y WF. Caughman postulan que no todos los cementos en base a resina compuesta duales tienen igual grado de conversión en la polimerización si no son fotoactivados previamente (24 - 26). De ahí que según la dependencia de la luz, los cementos en base a resina compuesta dual se podrían clasificar en:

Cementos en base a resina compuesta duales fotodependientes: son aquellos que para alcanzar una reacción de polimerización adecuada necesitan de la activación por luz. Sin la luz, la reacción autocatalizada no sería efectiva.

Cementos en base a resina compuesta duales no fotodependientes: los que logran desencadenar una adecuada reacción de polimerización a pesar de la falta de fotoactivación.

Sin embargo, dicha clasificación merece reparos si consideramos la química de los materiales. Como ya se mencionó, el sistema de polimerización requiere ser activado y ello se puede hacer físicamente con luz o mediante reactantes químicos. Estos últimos no son fotodependientes, y solo el hecho de ponerlos en contacto generará la reacción de activación del iniciador aportando la energía necesaria para abrir el doble enlace de los monómeros y así iniciar primero y propagar después la reacción de polimerización. Dado que el grado de ésta depende del aporte energético, la activación con luz, que generará mayor aporte de energía puede lograr un mayor grado de conversión de monómeros a polímeros, con relación a los sistemas activados con luz.

El grado de conversión se relaciona en su forma directa con las propiedades físicas y mecánicas del producto logrado, en virtud de lo cual, midiendo éste parámetro, se puede establecer la efectividad del proceso de activación realizado

El test de dureza superficial, ha sido usado durante años como una forma de medir indirectamente el grado de polimerización de una resina compuesta (27, 28).

La dureza de un material es la resistencia que este posee a la indentación permanente de su superficie, lo cual se determina con elementos que tratan de penetrarlo o rayar su superficie y los valores que se obtiene relacionan la carga con el grado de penetración o rayado; un valor mayor significa una mayor resistencia o dureza. Algunos métodos usados para medir la dureza son: Brinell, Knoop, Vickers, Rockwell, Shore A y Barcol (29).

Actualmente, uno de los más utilizados para realizar los test de dureza es el sistema Barcol, por la simplicidad de su uso y la facilidad para obtener el valor de dureza.

#### Test de dureza superficial Barcol

El test de dureza Barcol es un método que se usa a menudo para materiales blandos como plásticos rígidos, composites, resinas reforzadas termocuradas o resinas de fibra de vidrio, entre otros. Sirve como un método indirecto para determinar el grado de polimerización de un composite, por lo tanto, la dureza es una de las propiedades mecánicas más demostrativas del comportamiento y durabilidad de las resinas compuestas. (30, 31) Es un test económico y rápido de realizar, pero se debe tener la precaución de realizarlo en superficies planas.

El aparato con que se realiza es llamado impresor (durómetro) Barcol (originalmente llamado impresor Baber-Colman). Es un aparato de mano,

transportable. Opera cuando la punta es presionada contra el material en cuestión. La dureza del material se determina por la profundidad del indentador comparando la penetración de un material de referencia. Ésta es transferida por un resorte de tensión y un nivel para ser leído en un dial.

La escala y los valores que usa el test de dureza Barcol están regulados y estandarizados por el documento ASTM D 2583. La escala que utiliza es de 0 a 100, con un rango típico promedio entre 50B y 90B. Como ha sido definido en el ASTM D 2583, las divisiones de la escala de 0 a 100 debe indicar cada una, una profundidad de 0,0076 mm del indentador sobre el material testeado.

En virtud de que se está cuestionando la verdadera capacidad de estos materiales para iniciar la polimerización en ausencia de luz, es que el presente trabajo buscó determinar el grado de dureza obtenido en ellos al ser activados en forma dual y activados solo químicamente, de manera de establecer fehacientemente si existen diferencias que avalen la tesis de la fotodependencia.

## **HIPÓTESIS**

Los cementos en base a Resina Compuesta de activación dual son fotodependientes.

## **OBJETIVO GENERAL**

- Determinar si los cementos en base a resina compuesta duales son fotopedendientes.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar la microdureza superficial Barcol promedio para cada muestra en los cementos duales en base a resina compuesta RelyX™ARC y RelyX™U100 activados en forma dual.
- Determinar la microdureza superficial Barcol promedio para cada muestra en los cementos duales en base a resina compuesta RelyX™ARC y RelyX™U100 activados en forma química solamente.
- Analizar comparativamente los resultados obtenidos entre los grupos de estudio.

## MATERIAL Y MÉTODO

La presente investigación se realizó en el Laboratorio de Biomateriales Dentales de la facultad de Odontología de la Universidad de Chile, y en el Centro de Investigación y desarrollo e Innovación de Estructuras y Materiales de la Universidad de Chile (IDIEM).

Se midió la dureza superficial de un cemento en base a resina compuesta dual endurecido mediante fotopolimerización y otro activado en forma química solamente. Para esto se confeccionó una matriz de silicona sobre la cual se confeccionó los cuerpos de prueba, con una disminución estandarizada de 9mm de diámetro y 3 mm de altura.



Fig.2 Cuerpos de prueba de cemento en base a resina compuesta

Se analizaron dos cementos en base a resina compuesta dual: RelyX™ ARC y RelyX™ U100. Para cada uno, con ayuda de la matriz de silicona, se confeccionaron 4 cuerpos de prueba cilíndricos y lisos de 9mm de diámetro y 3mm de espesor (Fig.2). Los cementos fueron manipulados de acuerdo a las instrucciones del fabricante. Una vez mezclado y colocado en los moldes, 2 cuerpos de prueba fueron fotopolimerizados con una lámpara halógena convencional (3M. modelo St. Paul, U.S.A.) por 1 minuto. Desde la superficie superior, cubriéndola con una lámina de vidrio para evitar la inhibición de polimerización por oxígeno.

Los otros 2 cuerpos de prueba de cemento en base a resina compuesta

dual, se dejaron endurecer sin exposición a la luz, en un recipiente metálico hermético.

Para medir la microdureza superficial de las caras superior e inferior de los cuerpos de prueba se utilizó un durómetro tipo Barcol (fig.3), con un reloj con una norma ASTM D 2583, cuyo rango es de 0 a 100. Luego de 48 Hrs, en cada cuerpo de prueba debidamente identificado, se realizaron 10 mediciones de dureza en su cara superior y 10 mediciones en su cara inferior. En cada medición se registró la medida de dureza en la escala correspondiente a la dureza Barcol. Se promediaron los resultados de la superficie superior con la inferior de cada muestra para obtener un valor representativo de ella.



Fig.3 Durómetro tipo Barcol

Los resultados de la prueba de dureza Barcol fueron analizados estadísticamente en forma descriptiva e inferencial usando el Test de ANOVA. Posteriormente se compararon los grupos entre sí.

Las diferencias se consideraron significativas si el valor de probabilidad (p) resulta inferior al 5% ( $p < 0.05$ ) para establecer si se valida o rechaza la hipótesis planteada

## RESULTADOS.

En la tabla nº1 se muestran los valores del Test de dureza superficial Barcol para el cemento RelyX™ARC activado en forma dual. Realizadas en dos muestras, con 10 mediciones para cada superficie y un promedio de ellas.

**Tabla nº1. Datos del Test de dureza superficial Barcol para el cemento RelyX™ARC activado en forma dual.**

<b>Cemento RelyX™ARC</b> Forma de activación Dual											
Muestra	Superficie	Ind.									
1	Superior	91	90	89	90	90	90	90	90	90	90
	Inferior	80	79	80	85	87	85	85	86	87	87
	Promedio	85,5	84,5	84,5	87,5	88,5	87,5	87,5	88	88,5	88,5
2	Superior	86	90	90	90	90	89	88	90	89	90
	Inferior	89	85	80	88	85	89	85	88	85	89
	Promedio	87,5	87,5	85	89	87,5	89	86,5	89	87	89,5

Ind. = Indentación.

En la tabla nº2 se muestran los valores del Test de dureza superficial Barcol para el cemento RelyX™ARC activado en forma química solamente. Realizadas en dos muestras, con 10 mediciones para cada superficie y un promedio de ellas.

**Tabla nº2. Datos del Test de dureza superficial Barcol para el cemento RelyX™ARC activado en forma química solamente.**

<b>Cemento RelyX™ARC</b> Forma de activación química											
Muestra	Superficie	Ind.									
1	Superior	83	84	85	80	80	83	82	83	80	84
	Inferior	85	80	84	80	85	86	84	85	83	84
	Promedio	84	82	84,5	80	82,5	84,5	83	84	81,5	84
2	Superior	85	85	84	83	84	85	86	87	84	85
	Inferior	80	82	80	79	80	80	79	81	80	79
	Promedio	82,5	83,5	82	81	82	82,5	82,5	84	82	82

Ind. = Indentación.

En la tabla nº3 se muestran los valores del Test de dureza superficial Barcol para el cemento RelyX™U100, activado en forma dual. Realizadas en dos muestras, con 10 mediciones para cada superficie y un promedio de ellas.

**Tabla n°3. Datos del Test de dureza superficial Barcol para el cemento RelyX™U100 activado en forma dual.**

<b>Cemento RelyX™U100</b>											
Forma de activación Dual											
Muestra	Superficie	Ind.									
1	Superior	80	82	80	79	80	80	79	81	80	79
	Inferior	75	80	82	78	81	80	85	82	78	81
	Promedio	77,8	81	81	78,5	80,5	80	82	81,5	79	80
2	Superior	89	88	88	89	88	88	90	90	91	89
	Inferior	75	78	77	75	78	75	75	78	75	75
	Promedio	82	83	82,5	82	83	81,5	82,5	84	83	82

Ind. = Indentación.

En la tabla n°4 se muestran los valores del Test de dureza superficial Barcol para el cemento RelyX™U100 activado en forma química solamente. Realizadas en dos muestras, con 10 mediciones para cada superficie y un promedio de ellas.

**Tabla n°4. Datos del Test de dureza superficial Barcol para el cemento RelyX™U100 activado en forma química solamente.**

<b>Cemento RelyX™U100</b>											
Forma de activación química solamente											
Muestra	Superficie	Ind.									
1	Superior	77	72	70	75	75	78	80	75	78	75
	Inferior	70	70	71	74	75	74	75	74	76	74
	Promedio	73,5	71	70,5	74,5	75	76	77,5	74,5	77	74,5
2	Superior	69	73	70	73	72	70	73	70	72	70
	Inferior	78	75	79	78	75	78	75	78	75	78
	Promedio	73,5	74	74,5	75,5	73,5	74	74	74	73,5	74

Ind. = Indentación.

## ANÁLISIS DE RESULTADOS

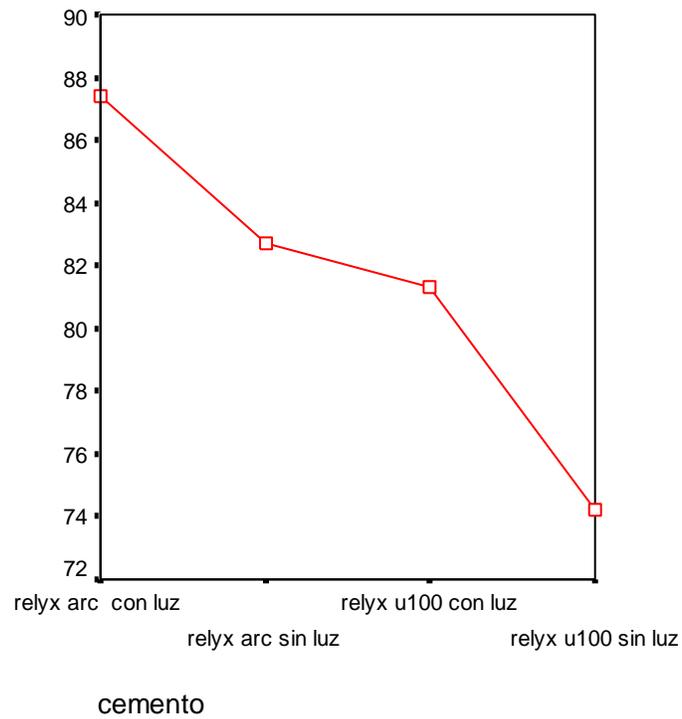
Los resultados de cada muestra fueron sometidos a un estudio descriptivo donde se analizó la media, el intervalo de confianza para la media al 95% en el límite superior e inferior, la mediana, la varianza y la desviación típica.

## Análisis Descriptivos

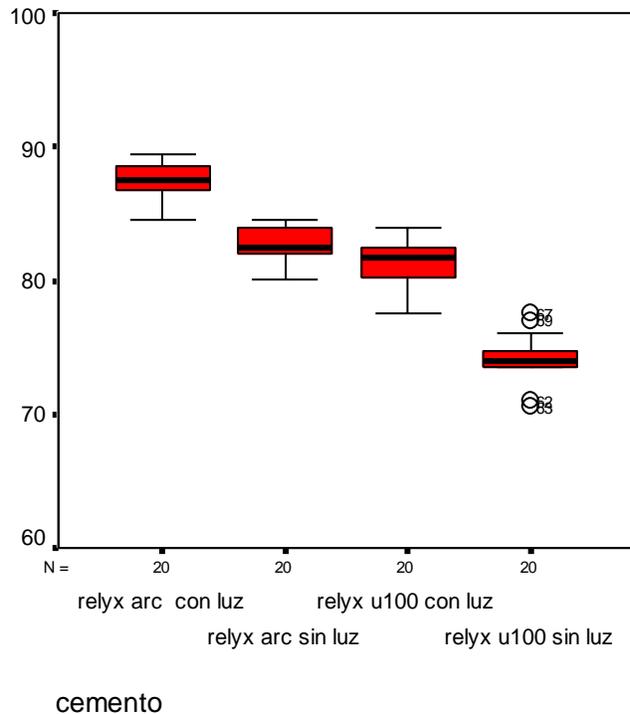
**Tabla nº2. Análisis descriptivo de los resultados obtenidos en cada una de las muestras estudiadas.**

<b>RelyX™ ARC</b>			
<b>Activación Dual</b>			
		Estadístico	Error típ.
Media		87,4000	,33756
Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	86,6935	
	Límite superior	88,1065	
Mediana		87,5000	
Varianza		2,279	
Desv. típ.		1,50962	
<b>Activación química solamente</b>			
Media		82,7000	,27242
Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	82,1298	
	Límite superior	83,2702	
Media recortada al 5%		82,7500	
Mediana		82,5000	
Varianza		1,484	
Desv. típ.		1,21828	
<b>RelyX™ U100</b>			
<b>Activación dual</b>			
Media		81,3250	,37218
Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	80,5460	
	Límite superior	82,1040	
Mediana		81,7500	
Varianza		2,770	
Desv. típ.		1,66445	
<b>Activación química solamente</b>			
Media		74,2250	,36540

Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	73,4602	
	Límite superior	74,9898	
Mediana		74,0000	
Varianza		2,670	
Desv. típ.		1,63413	



**Fig.3 Gráfico de medias para los resultados de cada muestra.**



**Fig. 4 Gráfico de cajas y bigotes para los resultados de cada muestra.**

### Análisis inferencial

En el análisis inferencial, se deben cumplir tres requisitos:

- 1.- Distribución normal de la variable dependiente (valores de dureza).
- 2.- La variable dependiente debe ser intervalar.
- 3.- La varianza de los grupos debe ser homogénea.

Debido a que tenemos cuatro variables independientes: el tipo de cemento dual en base a resina compuesta (RelyX™ ARC y RelyX™ U100) y la aplicación o no de luz con la lámpara de fotocurado 3M, se realizó el test ANOVA, en donde se planteó una hipótesis nula.

Hipótesis nula entre las variables :  $\text{RelyX}^{\text{TM}} \text{ARC c/luz} = \text{RelyX}^{\text{TM}} \text{ARC s/luz} = \text{RelyX}^{\text{TM}} \text{U100 c/luz} = \text{RelyX}^{\text{TM}} \text{U100 s/luz}$ , es decir no existen diferencias en el porcentaje de dureza entre los distintos tipos de cemento dual en base a resina

compuesta, con y sin luz.

## ANOVA

**Tabla nº3. Resultados de la suma de cuadrados, grados de libertad, media cuadrática, distribución F y significancia**

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	1783,513	3	594,504	258,369	,000
Intra-grupos	174,875	76	2,301		
Total	1958,388	79			

Con un alfa = 0,05 utilizando ANOVA en el programa Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), obtenemos:

F: 258,369

Sig. ,000

$p < \alpha$  por lo tanto no aceptamos la hipótesis nula

Debido a que el nivel crítico es 0,000, es decir es menor que 0,05 se decidió rechazar la hipótesis de igualdad de medias y se concluyó que las muestras no poseen la misma dureza barcol.

Como tenemos un nivel crítico Menor de 0,05 se debe realizar la prueba de homogeneidad de varianzas.

### Prueba de homogeneidad de varianzas

**Tabla nº4 prueba de homogeneidad de varianzas**

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
,379	3	76	,768

Debido a que el nivel crítico es mayor a 0,05, aceptamos la hipótesis de igualdad de varianzas y se concluye que las poblaciones definidas por las diferentes marcas de cementos, las varianzas son iguales.

Al asumir varianzas iguales utilizamos el Test de Tukey,

### Comparaciones múltiples

**Variable dependiente: Dureza Barcol**

**Tabla nº5. Resultados del Test de HSD Tukey**

(I) cemento	(J) cemento	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
RelyX™ ARC con luz	RelyX™ ARC sin luz	4,7000(*)	,47969	,000	3,4400	5,9600
	RelyX™ U100 con luz	6,0750(*)	,47969	,000	4,8150	7,3350
	RelyX™ U100 sin luz	13,1750(*)	,47969	,000	11,9150	14,4350
RelyX™ ARC sin luz	RelyX™ ARC con luz	-4,7000(*)	,47969	,000	-5,9600	-3,4400
	RelyX™ U100 con luz	1,3750(*)	,47969	,027	,1150	2,6350
	RelyX™ U100 sin luz	8,4750(*)	,47969	,000	7,2150	9,7350
RelyX™ U100 con luz	RelyX™ ARC con luz	-6,0750(*)	,47969	,000	-7,3350	-4,8150
	RelyX™ ARC sin luz	-1,3750(*)	,47969	,027	-2,6350	-,1150
	RelyX™ U100 sin luz	7,1000(*)	,47969	,000	5,8400	8,3600
RelyX™ U100	RelyX™ ARC	-13,1750(*)	,47969	,000	-14,4350	-11,9150

sin luz	con luz					
	RelyX™ ARC sin luz	-8,4750(*)	,47969	,000	-9,7350	-7,2150
	RelyX™ U100 con luz	-7,1000(*)	,47969	,000	-8,3600	-5,8400

\* La diferencia entre las medias es significativa al nivel 0.05

## DISCUSIÓN

Para determinar la fotodependencia de los cementos estudiados se evaluó su dureza superficial, ya sea aplicando la fotoactivación o haciéndolos polimerizar solo por activación química.

Con los resultados obtenidos se pudo establecer que el cemento dual en base a resina compuesta RelyX™ ARC y el cemento dual en base a resina compuesta RelyX™ U100, logran endurecer al ser activados tanto en forma dual (activación física por luz y activación química) como al ser activados en forma química solamente.

Sin embargo se encontraron distintos valores de dureza superficial Barcol para cada muestra, en donde el cemento dual en base a resina compuesta RelyX™ARC tuvo valores mayores tanto en su activación dual como química solamente comparado con el cemento dual en base a resina compuesta RelyX™ U100. Por otra parte según su modo de activación se obtuvo valores mayores para los cementos activados en forma dual con respecto a los que tuvieron activación química solamente.

Los resultados del test de dureza superficial obtenidos en este estudio, están en concordancia con otros estudios similares respecto al hecho que los cementos de curado dual no son dependientes de la fotoactivación para endurecer. Lo que sí se puede observar es que con la fotoactivación se pueden registrar los mayores valores de dureza. (9, 27, 32, 33). Esto se explica debido a la química de estos materiales en donde estudios como el de Leinfelder, Baratieri y Chain (34, 35) han establecido que existen diferentes grados de conversión de monómeros a polímero, según el tipo de activación de la reacción de polimerización, en virtud de lo cual se logra el más alto grado de conversión con el tratamiento térmico, seguido de la fotoactivación y luego el modo químico.

El modo de activación químico tiene menos grado de conversión de polimerización, debido a que es necesario mezclar el activador con la base, y este

proceso de espatulado incorpora microburbujas inhibidores de la polimerización al contener oxígeno (1). Por otra parte la activación mediante luz permite un aumento de energía, la cual produce mayor movilidad molecular de las cadenas poliméricas, aumentando también la reactividad de los radicales libres (22).

Lo anterior es congruente con los resultados obtenidos en el estudio, dado que, los valores de dureza superficial para los cementos duales en base a resina compuesta RelyX™ ARC y RelyX™ U100 en el modo de activación química solamente, fueron de 94,6% y de 91,2% respectivamente respecto de la activación dual de cada uno. Esto concuerda con los resultados de Caughman y Hofmann, en donde se encontró para cementos de composición similar a los analizados en el presente estudio, valores de dureza superficial entre 86 a 94% en su activación química solamente, con respecto a la dual. Lo que para éstos autores, junto con las pruebas de resistencia a la flexión y módulo de elasticidad que emplearon en sus estudios, muestran una clara eficacia del curado químico de estos cementos.

En el análisis estadístico inferencial del presente estudio se compararon entre sí, todas las muestras, dando diferencias significativas entre todas ellas. Si bien, como ya se mencionó la forma de activación influye de manera directa en el grado de polimerización que logre el cemento, también influyen otros factores que permiten explicar la diferencia entre el cemento dual en base a resina compuesta RelyX™ARC, activado tanto en forma dual como química comparado con el RelyX™ U100. Esto es debido a que éste último presenta en su composición metacrilatos fosforilados que generan reacciones ácido-base con partículas de vidrio, las cuales pueden eventualmente producir sales que disminuirían las propiedades estudiadas. (36, 39)

Por su parte, Caughman observó entre un 13 y un 4 % menos de grado de conversión en el modo de activación química de distintos cementos duales en comparación con la activación dual. Estas diferencias no suponen menor éxito clínico, lo cual se explica debido a que los valores de conversión de los cementos en su estudio fueron entre 70 y 82% para la activación dual, mayores que los

materiales de restauración de composites, los cuales tienen un rango típico de 50 a 60%, al igual que en estudios de Kumbuloglu y Harashima, que reportaron un máximo de conversión para la activación dual de 81 y 80% respectivamente.

Estos datos pueden ser debidos a la baja viscosidad inicial del cemento, siendo comparada con materiales directos de restauración de composite. La disminución de la viscosidad podría permitir una mejor difusión de radicales libres en el proceso de polimerización y un alto potencial de conversión.

Otra observación es el potencial de autopolimerización de estos cementos, los cuales usando solo autopolimerización fueron equivalentes a la activación por luz. De esto se puede inferir que estos cementos podrían funcionar bien en situaciones clínicas en donde solamente sea requerida la activación química por la imposibilidad de acceder con la energía luminosa (26).

## CONCLUSION

De acuerdo a la metodología utilizada en el Presente estudio y considerando los resultados obtenidos en él, se puede concluir que:

- (i) Los cementos duales en base a resina compuesta del presente estudio, logran endurecer tanto mediante una activación química como dual, por tanto no existe una fotodependencia para endurecer.
- (ii) La activación dual logra mejores valores de dureza en comparación de la activación química del cemento dual para los dos tipos de Cementos en estudio.
- (iii) El cemento dual en base a resina compuesta RelyX™ARC presenta mayores valores de dureza superficial tanto en su forma dual como química solamente, en comparación con el cemento RelyX™U100.
- (iv) De acuerdo a lo anterior se rechaza la hipótesis que los cementos en base a resina compuesta duales estudiados, son fotodependientes.

## BIBLIOGRAFIA

1. Anusavice, K. La ciencia de los materiales dentales, de Phillips. s.l. : Mc graw-Hill Interamericana 10. Ed, 1998, págs. 144,227, 228, 283 - 306.
2. Craig, R. Materiales Dentales. s.l. : Mosby 6ta Edición, 1996, págs. 54 - 58.
3. Macchi. Materiales Dentales. s.l. : Panamericana 3era Edición, 2000, págs. 109 - 110, 147-149.
4. Uribe Echeverría, J. Operatoria Dental. Ciencia y Práctica. págs. 213 - 215 : s.n., 1990.
5. Barceleiro, MO. Shear bond strength of porcelain laminate veneer bonded with flowable composite. 423 - 428, s.l. : Operative Dentistry, 2003, Vol. 28.
6. M, Braem. Dual cure luting composites - Part II. Clinically related properties. 57 - 66, s.l. : Journal of Oral Rehabilitation, 1994, Vol. 21.
7. Galvao, C, y otros. Effect of curing mode on the hardness of dual-cured composite resin core build-up materials. 245 - 249, s.l. : Brazilian Oral Research, 2010, Vol. 24.
8. Rickman LJ, Satterthwaite JD. Considerations for the selection of a luting cement. 2010 May, Dent Update. , págs. 37(4):247-8, 251-2, 255-6 passim.
9. Krämer N, Lohbauer U, Frankenberger R. Adhesive luting of indirect restorations. 2000 Nov, Am J Dent, págs. 13(Spec No):60D-76D.
10. Henostroza, G. Adhesión en Odontología Restauradora". 2003, págs. 280 – 281.
11. El-Badrawy WA, El-Mowafy OM. Chemical versus dual curing of resin inlay cements. . 1995, J Prosthet Dent, págs. 19:11-5.
12. Toledano M, Osorio R, Sánchez F, Osorio E. Arte y ciencia de los materiales dentales. s.l. : Avances, 2003, págs. 125 - 126.
13. Resinas compuestas. Revisión de los materiales e indicaciones clínicas. Hervás A., Martínez M., Cabanes J., Barjau A., Fos P. 2006, Med Oral Patol Oral Cir Bucal, págs. 11: E215-20.
14. Studervant J., Heyman H., Roberson T. Operatoria Dental. Arte y ciencia. s.l. : Harcourt Brace 3ra Ed., 1999, págs. 253 - 265.
15. Aaron D., James G., Chatterjee P., Jefferson G. Direct Composite Restorative Materials. 2007, Dent Clin N Am., págs. 51:659 - 675.

16. Fortin D., Vargas M. The spectrum of composites: new techniques and materials. 2000, JADA, págs. 131:26s-30s.
17. Romero E., Basilio J. Estudio comparativo de la microdureza superficial de composites y ormocera. 2007, Dentum, págs. 7 (2): 53 - 61.
18. Schmidseder J., Rateitschack K., Wolf H. Color Atlas of Dental Medicine. Aesthetic Dentistry. New York : Thieme, 2000, págs. 85 - 94.
19. Bader M., Ehrmantraut M., Baeza R., Ortega R. Resistencia al desgaste de resinas compuestas de nanorelleno. 2005, Facultad de Odontología Universidad de Chile, págs. 16:33-40.
20. Yap, AUJ. Oclusal contact area (OCA) wear of two new composite restoratives. 2002, Journal of Oral Rehabilitation, págs. 29:194 - 200.
21. Manhart J., Kunzelmann K., Chen H., Hickel R. Mechanical properties and wear behavior of light-cured packable composite resins. 2000, Dentals Materials, págs. 16:33-40.
22. Lim, B-S. Effect of filler fraction and filler surface treatment on wear of microfilled composite. 2002, Dentals Materials, págs. 18:1-11.
23. Nihei, T., y otros. Three-body-wear resistance of the experimental composites containing filler treated with hydrophobic silane coupling agents. 2008, Dentals Materials, págs. 24:760-764.
24. , Ferracane, J.L. Correlation between hardness and degree of conversion during the setting reaction of unfilled dental restorative resins. 1985, Dent Mater 1, págs. 11 - 14.
25. Behr M, Rosentritt M, Loher H, Kolbeck C, Trempler C, Stemplinger B, Kopzon V, Handel G. Changes of cement properties caused by mixing errors: the therapeutic range of different cement type. 2008, Dental Materials, págs. 24(9):1187-93.
26. Hofmann, N., y otros. Comparison of photo-activation versus chemical or dual-curing of resin-based luting cements regarding flexural strength, modulus and surface. 2001, Journal of Oral Rehabilitation, págs. 28: 1022 - 1028.
27. Braga, RR., César, PF. y Gonzaga, CC. Mechanical properties of resin cements with different activation modes. 2002, Journal of Oral Rehabilitation, págs. 29(3):257-62.
28. Caughman, WF, Chan, DC. y Rueggeberg, FA. Curing potential of dual-

- polymerizable resin cements in simulated clinical situations. 2001, Journal of Prosthetics Dentistry, págs. 85(5):479-84.
29. Hasegawa EA, Boyer DB, Chan DC. Hardening of dual-cured cements under composite resin inlays. 1991, J Prosthet Dent., págs. 66(2):187-92.
30. Souza RO, Ozcan M, Mesquita AM, De Melo RM, Galhano GA, Bottino MA, Pavanelli CA. Effect of different polymerization devices on the degree of conversion and the physical properties of an indirect resin composite. 2010, Acta Odontol Latinoam., págs. 23(2):129-35.
31. Astorga, Cristian, y otros. Texto de biomateriales odontológicos TOMO I. 2004, págs. 61-64.
32. Dowling, N. Mechanical behavior of materials. Engineering for deformation, fracture, and fatigue. s.l. : Editorial Prentice Hall, 1999, págs. 23-44, 84, 85, 135-139.
33. Aguilar, F., Braceiro, A., Lima, D., Ambrosano, G., Lovadino, J. Effect of light curing modes and light curing time on the microhardness of a hybrid composite resin. 2008, J Contemp Dent Pract, págs. Vol. 8 (6), pp. 001 – 008.
34. El-Mowafy, Rubo, O.M. y El- Badrawy. hardening of new resin cements cured through a ceramic inlay. 38, s.l. : Operative Dentistry, 1999, Vol. 24.
35. Valentino, T, y otros. Dual cement resin knoop hardness after diferent activation modes through dental ceramics. 21 (2): 104-110, s.l. : Brazilian Dental Journal, 2010.
36. Leinfelder, K.N. New developepments in resin restorative systems. Jornal American Dentistry Association. 1997. Vol. 128, 573 -. 581.
37. Chain, M y Baratieri, LN. Restauraciones estéticas con resinas compuestas en dientes posteriores. Sao Paulo : Artes Medicas, 2001.
38. Kumbuloglu, O y Lassila, L. A study of the physical and chemical properties of four resin composite luting cements. 3, s.l. : The International Journal of Prosthodontics, 2004, Vol. 17.
39. ESPE, 3M. RelyX ARC adhesive resin cement system.