



**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

**EFFECTO DE LA GLICERINA GEL EN LA FORMACIÓN DE LA  
CAPA INHIBIDA DE OXÍGENO SUPERFICIAL EN LAS RESINAS  
COMPUESTAS**

**TESIS**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
CIRUJANO DENTISTA**

**PRESENTADA POR**

**MELISSA ANALY AGUILAR MOLLO**

**LIMA, PERÚ**

**2012**

**EFFECTO DE LA GLICERINA GEL EN LA FORMACIÓN DE LA  
CAPA INHIBIDA DE OXÍGENO SUPERFICIAL EN LAS RESINAS  
COMPUESTAS**





Dedicatoria:

A dios, por llenar mi vida de paz, salud y esperanza junto a las personas que más quiero, a mis padres, por su apoyo y sacrificio durante toda mi vida, sin ustedes jamás hubiera alcanzado esta meta, a mis hermanos, por ser mi inspiración para alcanzar las metas y brindarme su cariño, a mis amigos con quienes he compartido momentos trascendentales en mi carrera y en mi vida. Gracias por su amistad incondicional.



Agradecimiento:

Quiero expresar mi sincero agradecimiento al doctor Eduardo Quea por su apoyo incondicional y desinteresado en el presente trabajo, al doctor Marco Abanto mi asesor y, a la facultad de ingeniería de la UNI por colaborar con el desarrollo de esta investigación.

## INDICE

RESUMEN.....	1
SUMARY.....	2
INTRODUCCION.....	3
Planteamiento del problema.....	3
Objetivos.....	5
Antecedente.....	6
Hipótesis y variables.....	12
Marco teórico.....	14
MATERIALES Y METODOS.....	47
RESULTADOS.....	54
DISCUSION.....	61
CONCLUSIONES.....	64
RECOMENDACIONES.....	65
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	66
ANEXOS	

## RESUMEN

**Objetivo:** Determinar el efecto de la glicerina gel en la formación de la capa inhibida de oxígeno superficial de las resinas compuestas. **Métodos:** se realizó un estudio experimental, prospectivo, transversal y comparativo. El material dental que se uso en esta investigación es la resina compuesta fluida (PROFIL™ FLOW), el material obturador se dividió en dos grupos, uno fue el grupo control y el otro el experimental al cual se le aplicó glicerina (BLOCK ACTION FORM, gel bloqueador de oxígeno) en la superficie de los discos, luego las muestras fueron llevadas a los tubos de ensayo los cuales tenían metanol. Se utilizó la cromatografía líquida de alto rendimiento (HPLC) para determinar las concentraciones de monómeros residuales, se utilizó la prueba U de Mann Whitney con un nivel de significancia del 5%. **Resultados:** El nivel de concentración del monómero TEGDMA ppm entre el grupo control y experimental demostró una diferencia altamente significativa ( $p < 0.001$ ), y la concentración de monómero de BisGMA en ppm entre el grupo control y experimental presentó una alta diferencia significativa ( $p < 0.001$ ). **Conclusión:** El efecto de la glicerina gel es significativamente eficaz en la reducción de la capa inhibida de oxígeno de las resinas compuestas.

## SUMMARY

**Objective:** To determine the effect of glycerin gel in the formation of oxygen inhibited layer of the resin composite surface. **Methods:** We conducted an experimental study, prospective, transversal and comparative study. The dental material that was used in this research is the flowable composite resin (PROFILTM FLOW), the sealing material was divided into two groups, one was the control group and the other pilot to which you apply glycerin (BLOCK ACTION FORM, gel blocker oxygen) in the disc surface, then the samples were brought to the test tubes which were methanol. We used high performance liquid chromatography (HPLC) to determine the concentrations of residual monomers; we used the Mann-Whitney U test with a significance level of 5%. **Results:** The level of concentration of the monomer TEGDMA ppm between the experimental and control group showed a highly significant difference ( $p < 0.001$ ) and the BisGMA monomer concentration in ppm between the experimental and control group presented a high significant difference ( $p < 0.001$ ). **Conclusion:** The effect of glycerin gel is significantly effective in reducing the oxygen inhibited layer of composite resins.

## INTRODUCCION

- **Planteamiento del Problema**

La resina compuesta como material restaurador ha aumentado en años recientes, ello debido a que los pacientes son atraídos hacia una restauración que iguale el color del diente natural, por lo tanto es necesario utilizar un material restaurador que cuente con excelentes propiedades que se asemeje al color natural del diente, como también tengan la superficie muy parecida a diente natural y restituya la función que se ha perdido. <sup>(1)</sup>

Estas han evolucionado notablemente en lo referente a propiedades físicas, químicas, y biológicas, también en cuanto a su manipulación y su desempeño clínico. Sin embargo aun existe problemas al utilizarlas como la formación de una capa inhibida de oxígeno en la última capa de resina y mas aun en restauraciones estéticas que lo que busca es eliminar este problema.

Las resinas compuestas “endurecen” por un proceso de polimerización, por medio del cual, a partir de una gran cantidad de pequeñas moléculas denominadas monómeros y a través de una serie de reacciones químicas se forma una molécula grande o polímero <sup>(1)</sup>

Los radicales libres producidos durante la polimerización tienen la particularidad, de mostrarse más reactivos con el oxígeno que con el monómero, de modo tal que aquél se comporta como un inhibidor impidiendo la polimerización radical, dando lugar a la formación de una capa parcialmente polimerizada en la parte más superficial de la resina que se halla en contacto con el oxígeno atmosférico <sup>(1)</sup>.

Esta capa inhibida varía en su espesor desde unos pocos micrones, en las resinas compuestas polimerizables con luz visible, (alrededor de 2.5 micrones hasta más de 50 micrones en los químicos.)<sup>(1)</sup>.

El lógico efecto negativo que produce la presencia de esta capa despolimerizada, como cambios de color en la superficie de la resina compuesta y mayor proporción de desgaste, indican que la condición ideal sería su eliminación total de las áreas superficiales de las restauraciones.

Considerando las desventajas clínicas de la capa inhibida, ésta debe ser suprimida de la superficie de la restauración que se encuentra en contacto con el medio bucal.<sup>(1)</sup>

Al eliminar en gran medida esta capa gomosa, disminuye el índice de acumulación de placa bacteriana, por lo tanto, previene la irritación gingival, cambio de coloración de la resina compuesta,<sup>(2)</sup> las lesiones secundarias de caries y el discomfort del paciente, ya que presenta irregularidades superiores a los quince micrones en la cavidad bucal son interpretadas por el sistema nervioso central como desagradables, desde el punto de vista sensitivo<sup>(2)</sup>

**Bergmann, P. Y cols (1991)** sugiere que la inhibición de oxígeno durante la polimerización puede ser prevenida por la aplicación del gel de glicerina en las superficie de las resinas dentales<sup>(3)</sup>

Se propone el presente estudio para evaluar la eficacia de la glicerina gel para prevenir la formación de la capa inhibidora de oxígeno durante la foto polimerización de materiales obturadores (resinas compuestas)

En base a la inquietud expuesta proponemos el presente estudio que nos permitirá responder a la siguiente interrogante.

¿Cuál será el efecto de la glicerina gel en presencia de la capa inhibida de oxígeno en las resinas compuestas?

- **Objetivos**

**Objetivo General**

Determinar el efecto de la glicerina gel en la formación de la capa inhibida de oxígeno superficial de las resinas compuestas

**Objetivos Específicos**

-Determinar la presencia de la capa inhibida de oxígeno superficial en las resinas compuestas sin el uso de glicerina gel.

-Determinar la presencia de la capa inhibida de oxígeno superficial en las resinas compuestas utilizando glicerina gel

-Comparar la presencia de la capa inhibida de oxígeno superficial en las resinas compuestas con y sin uso de glicerina gel.

**Justificación de la investigación**

Este estudio se desarrollará con la premisa de ayudar a los cirujanos dentistas en el manejo de la preparación de resinas compuestas obteniendo un mejor acabado, con ello una mayor tiempo de vida de las restauraciones y, un mayor confort del paciente y satisfacción con las restauraciones, dando un gran aporte a la vez al área de la odontología estética.

- **Antecedentes de la investigación**

**Bergmann, P. y cols (1991)**, en Departamento de Odontología de la Universidad de Berlín, Alemania. realizaron un estudio experimental comparativo in vitro, siendo el propósito del estudio fue examinar la efectividad de la glicerina gel previniendo la formación de la capa inhibida de oxígeno durante la polimerización de la resina, también se evaluó la incrustación de cerámica inlays, para ello fueron cementadas dividiéndose en dos grupos, grupo A: con aplicación de glicerina y grupo B: sin la aplicación de la glicerina en gel después de esto ambos grupos se sumergieron en acetona para extraer la capa inhibida de oxígeno, se empleó el escáner del microscopio electrónico computarizado, el análisis reveló diferencias significativas entre la polimerización con y sin glicerina gel, según la continuidad del esmalte se observó un promedio de 70,7% de la longitud total marginal cuando se aplica glicerina gel, mientras que dio sólo en un 11,3% de la longitud total marginal sin la aplicación del gel. la polimerización del margen de las inlays después de la aplicación de glicerina en gel mostró mejor adaptación marginal que el margen de las inlays polimerizada sin este, concluyéndose que la inhibición de oxígeno durante la polimerización se puede prevenir mediante la aplicación de la glicerina geles a la superficie de los materiales de resina compuesta.

**Rueggeberg, FA y cols, (1999)** en la escuela de Medicina de Georgia, Departamento de Rehabilitación Oral, Facultad de Odontología realizaron un estudio comparativo experimental in vitro con el objetivo de determinar la efectividad de los tratamientos de superficies para la reducción de la capa inhibida de oxígeno, para ello los grupo de estudio fueron: el control que no

tuvo ningún tratamiento. A: exposición de 20 segundos de aire, B: aplicación de algodón humedecido en rollo aplicado de forma manual por 20 segundos, C: aplicación manuales de piedra pómez con una torunda de algodón por 20 segundos D: aplicación de una mezcla de agua y piedra pómez con una escobilla profiláctica junto a una pieza de baja velocidad por 20 segundos, los autores utilizaron alta cromatografía líquida (HPLC) para analizar la cantidad de monómeros que queda después de cada tratamiento, los resultados indicaron que el grupo A tuvo una reducción de 68.3% el valor del control, el grupo B de 86.1 a 88.9 %y el grupo de D: logró la mayor reducción e 92.9 a 95.3, en conclusión la piedra pómez elimina la mayor cantidad de monómero residual de un 93 a un 95 % de los valores del grupo control se deduce que una mezcla de piedra pómez es significativamente más eficaz en la eliminación de la capa de oxígeno.

**Caballero, G. (2003)** en la Universidad San Martín de Porres Facultad de Odontología. Escuela Profesional de Odontología, Lima Perú, realizó un estudio prospectivo, transversal, comparativo y experimental cuyo objetivo establecer si el uso de glicerina previa a los sistemas adhesivos reduce la microfiltración de las resinas en comparación con un grupo que no utiliza glicerina. Para este estudio se recolectaron 30 piezas dentarias (premolares), luego se realizó la preparación de las cavidades clase II en mesial y distal, se aplicó el adhesivo y luego se aplicó la solución de glicerina en los bordes de las cavidades, luego se colocó capas de resinas polimerizando de acuerdo a las instrucciones del fabricante, seguidamente fueron sometidas al termociclaje a 5°C y 60°C, las piezas dentarias fueron sumergidas en azul de metileno por 24

horas seguidamente fueron cortadas por la mitad para poder observar la filtración con un lente de aumento (microscopia estereoscópica), los resultados fueron que al comparar las piezas dentarias restauradas que utilizaron glicerina gel y otra sin el uso de este producto, las primeras mostraron al 38% de las piezas sin filtración mientras que las últimas presentaron 22% sin filtración, y al comparar las piezas restauradas con y sin glicerina líquida se encontró que la glicerina líquida mostró el 16% de las piezas sin filtración mientras que el control presenta 5% sin filtración, no encontrando diferencias significativas entre ellas, por otro lado al comparar piezas dentarias restauradas con glicerina gel y líquida se observó diferencias estadísticas significativas a favor del gel. Según los resultados obtenidos se puede afirmar que el uso de la glicerina reduce la formación de burbujas de aire y mejora la adhesión en comparación al grupo que no lo utilizó. Se recomienda el desarrollo de trabajos complementarios sobre la eficacia de la glicerina como inhibidor de la formación de burbujas de aire.

**Rixio Abreu, R. Et al. (2004)** en el Departamento de Estomatología de la Universidad de Valencia, realizaron un estudio comparativo experimental *in vitro* cuyo objetivo era eliminar la capa inhibida de oxígeno y evaluar la rugosidad superficial residual de las resinas acabadas y pulidas con diferentes sistemas. Para llevar a cabo este trabajo se fabricaron 40 bloques de resina híbrida color A3 de dimensiones 10x5x3 mm cada bloque se polimerizó con luz halógena con potencia de 850 a 1000 mW/cm<sup>2</sup> estos bloques se dividieron aleatoriamente en 4 grupos, Los sistemas de acabado y pulido que se utilizaron

en este estudio fueron: Soflex Pop – On (3M – ESPE / USA), Enhance (Dentsply – Caulk / Milford) y Pogo (Dentsply – DeTrey / Konstanz).

Los bloques de resina acabados y pulidos se lavaron y secaron, para ser analizados en el rugosímetro Surtronic 3P, los resultados cuantitativos obtenidos en micrones fueron soflex: 2.24, enhance: 1.25, pogo: 0.62, y el control: 0.34 el grupo que ofreció las superficies más regulares fue el que estaba constituido por las muestras tratadas con el sistema Pogo. Enhance mostró que es capaz de reproducir superficies más lisas que el sistema Soflex. Los sistemas Enhance y Pogo además de discos proporcionan copas y puntas que son útiles tanto en las áreas posteriores como anteriores de la cavidad bucal, estos sistemas son menos agresivos que los discos Soflex Pop-On. Concluyéndose que el grupo Pogo fue el que ofreció los índices de rugosidad superficial más bajos y la parcial eliminación de la capa inhibida de oxígeno. Y El sistema Enhance produjo superficies de acabado y pulido más lisas y regulares, como la eliminación de la capa inhibida de oxígeno, que Soflex y Pogo.

**Hamlet , S.(2004)** En La Facultad De Odontología De La Universidad De San Carlos De Guatemala realizaron un estudio in vitro experimental sobre la microfiltración en la cohesión de la interfase resina – resina utilizando unión química (capa inhibida de oxígeno) a diferentes intervalos de tiempo y adhesión micromecánica con técnicas de adhesión, para ello se construyeron un total de 100 bloques de resina, de ellos, 50 fueron fabricados de resina híbrida color A-1 y los otros 50 fueron de resina color A-3.5, se usó la técnica de tinción con

eosina al vacío, siguiendo con el procedimiento se realizó un corte en cruz para obtener cuatro ángulos diferentes, los cuales se evaluaron con un estereoscopio marca Scientific a 30 x de aumento y se midió la microfiltración en centésimas de milímetro con un calibrador Verniere digital, obteniendo los siguientes resultados, existió microfiltración del líquido de tinción de eosina al 2% en la cohesión de la interfase resina-resina en el 18% del total de la muestra, empleando dos diferentes formas de conseguir la adhesión unión química (capa inhibida de oxígeno )y técnicas micromecánicas de adhesión esto es de 50 bloques de resina sometidos al estudio, 9 de ellos presentaron microfiltración del líquido de tinción de eosina lo que corresponde al 18%, no así en los 41 bloques de resina restantes que conforman el 82% de la muestra, el grupo que mejores resultados obtuvo, después de evaluar en el estereoscopio si existió o no microfiltración de eosina al 2%, fue el bloque de grupos del 1 al 6 en los cuales se utilizó unión química para evaluar la viabilidad de la capa inhibida presentando microfiltración en uno de los 30 bloques utilizados; representando el 2% del total de la muestra, concluyéndose que de los dos métodos que se utilizaron en este estudio para lograr la adhesión, el que no mostró microfiltración de eosina al 2% después de transcurridas las 24 horas de sumersión en el líquido fueron los grupos en los cuales se utilizó unión química (capa inhibida de oxígeno). Se recomienda realizar estudios similares con más tiempo de sumersión y en piezas naturales extraídas

**Komurcuoglu, E. y cols. (2005)**, en Turquía se realizó un estudio comparativo y experimental, donde determinaron la concentración de monómero residual y evaluaron la efectividad de los métodos de eliminación de monómero residual, usaron tres sellantes (helioseal F, Filtek Flow and EXM - 510) obtuvieron un total de 20 muestras las cuales fueron divididas aleatoriamente en cuatro grupos de cinco muestras, el primer grupo fue el control y los tres restantes lo experimentales (se uso rollo de algodón, solo caucho , y pasta profiláctica con caucho ) . el equipo usado fue la cromatografía líquida de alta eficacia o HPLC , el cual se uso para determinar las concentraciones de monómero residual.

Los resultados del estudio mostraron que el monómero residual BisGMA fue el más alto en el sellante F Helioseal y fue menor en el sellante Filtek Flow con los tres métodos de prueba, para el monómero residual TEGDMA fue el mas alto en el sellante EXM-510. Se encontró también que los tres métodos probados fueron insuficientes para la eliminación de todos los monómeros residuales (BisGMA y TEGDMA).

**Gauthier, M. y cols (2005)**. En el Departamento de Química de la Universidad de Montreal, Canadá, realizaron un estudio experimental siendo la hipótesis que la viscosidad, contenido de relleno, y la temperatura de polimerización modifica la difusión del oxígeno en la resina o la reactividad de las especies de radicales, y afectan el grado de conversión, cerca de la superficie, para ello se empleo focal de Raman micro-espectroscopia que se utilizó para medir la conversión de monómero de la superficie de la mayor parte de las resinas de curado , llegando al resultado que el aumento de la viscosidad y el aumento de conversión cerca de la superficie demostró que limitan la difusión del

oxígeno, sin necesidad de modificar la profundidad de la inhibición. El material de relleno ha demostrado aumentar, al mismo tiempo, la difusividad de oxígeno y la viscosidad de la resina, que tienen efectos opuestos en la conversión.

Este estudio concluyó que la Polimerización a una temperatura por encima de 110°C aproximadamente elimina la capa inhibida de oxígeno.

### **Hipótesis y variables**

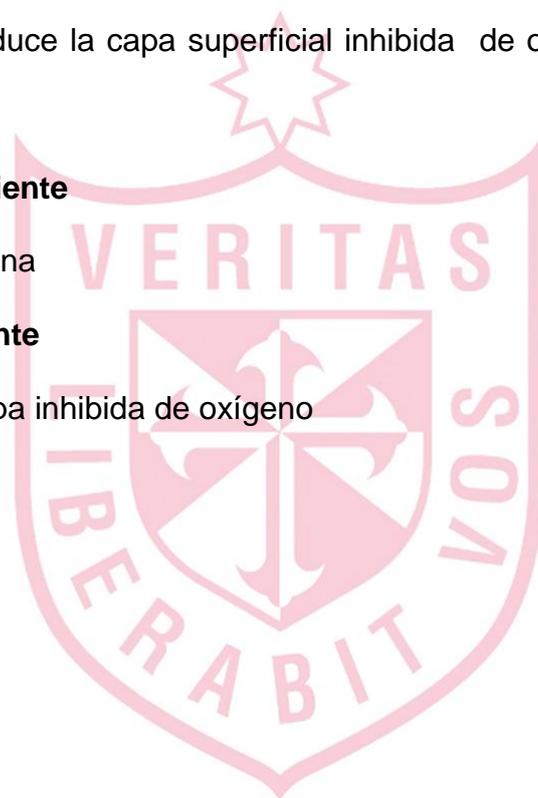
“La glicerina gel reduce la capa superficial inhibida de oxígeno en las resinas compuestas”

#### **Variable independiente**

Aplicación de glicerina

#### **Variable dependiente**

Reducción de la capa inhibida de oxígeno



## Operacionalización de variables

VARIABLE	TIPO	INDICADOR	ESCALA
<b>Independiente</b>  Aplicación de glicerina gel	Cualitativo	- Aplicación de glicerina gel	- Si  - No
<b>Dependiente</b>  Presencia de la capa inhibida de oxígeno	cuantitativo	TEGDMA En partes por millón (ppm)	Razón
		BisGMA En partes por millón (ppm)	Razón

- **Marco Teórico**

Las resinas acrílicas fueron desarrolladas en Alemania desde 1930 aproximadamente, sus propiedades físicas fueron severamente limitadas para desempeñarse como restauraciones directas.<sup>(4)(5)</sup>

Su alta contracción de polimerización ( superior a 7%), permitió una desadaptación marginal desde su colocación inicial, lo mismo que su desigual coeficiente de expansión térmica en relación con los tejidos dentarios, produjeron excesiva microfiltración.<sup>(4)</sup> Su baja resistencia a la abrasión y alta absorción de agua causaron ablandamiento y una estabilidad de color muy pobre, se constituyeron en desventajas de un muy alto riesgo clínico. Las resinas acrílicas y los silicatos inquietaron a la ciencia odontológica para conseguir esfuerzos en la mejora o consecución de un material estético respecto a su longevidad clínica.<sup>(6)</sup>

Algunas resinas simples fueron modificadas ligeramente con agregados de rellenos de sílice, mejorando en apariencia su resistencia<sup>(4)</sup> , las resinas acrílicas de polimetilmetacrilato (PMMA) reemplazaron a los silicatos. Estas resinas tenían un color parecido al de los dientes, eran insolubles a los fluidos orales, fáciles de manipular y tenían bajo costo. Lamentablemente, estas resinas acrílicas presentan baja resistencia al desgaste y contracción de polimerización muy elevada y en consecuencia mucha filtración marginal<sup>(7)(8)</sup> Al menos, se constituyeron en el primer eslabón para que poco a poco la investigación se orientara hacia el descubrimiento de las resinas compuestas.<sup>(4)</sup>

**Buonocore, M. en 1955**, logra producir microrugosidades o microporosidades en esmalte (por acondicionamiento con ácido fosfórico), base de la adhesión de la mayoría de los materiales actuales<sup>(5)(8)(26)</sup>

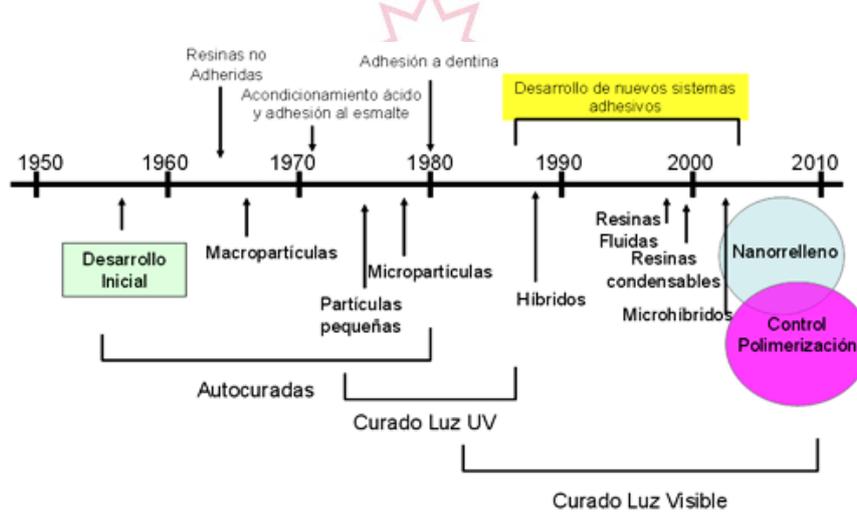
**Bowen, R. en 1963**, por otra parte, logra sintetizar el primer biomaterial estético, adhesivo, de aplicación directa, multipropósito, de origen copolimérico (gracias a la unión entre diacrilatos y epóxidos), el BIS-GMA (Bisfenol A – Glicidilo Meta Acrilato).<sup>(4)(8)(26)</sup>

Este copolímero constituye también la base de los sistemas adhesivos y se encuentra presente no solo en las resinas compuestas, sino también en los compómeros, cerómeros, resinas compuestas condensables, resinas fluidas, etc.<sup>(5)</sup> En 1974 fueron combinadas con resinas de más baja viscosidad, el dimetacrilato de uretano (UDMA). Actualmente, poseen otras resinas diluyentes que bajan su viscosidad un poco más, como el trietilen-glicol-dímetacrilato (TEG DMA) que mejoran sus características manipulativas, para ser utilizadas en restauraciones directas.<sup>(4)(8)(26)</sup>

Desde su aparición estos materiales fueron mejorando muchas de las propiedades mencionadas para los silicatos y las resinas simples. Constantemente fueron apareciendo diferentes formulaciones que fueron mejorando lentamente sus propiedades físico-mecánicas y estéticas, para lograr en el presente un mejor desempeño clínico tanto a nivel anterior como posterior. La primera resina compuesta comercial polvo – líquido (addent de 3M) apareció en 1964. La primera resina compuesta pasta a pasta (Adaptic de J & J.) se lanzó en 1969.<sup>(4)(8)</sup>

En 1995 y 1997 Ferracane, J.L. y Nadarajah, V. Respectivamente, hacen una descripción de los componentes de estas resinas y mencionan las recientes y futuras áreas de estudio que se llevan a cabo en la actualidad sobre dichos componentes. (4)

**Fig. 1.**  
**Cronología del desarrollo de las resinas compuestas de acuerdo a las partículas, sistemas de polimerización y tecnología adhesiva disponible. (7)**

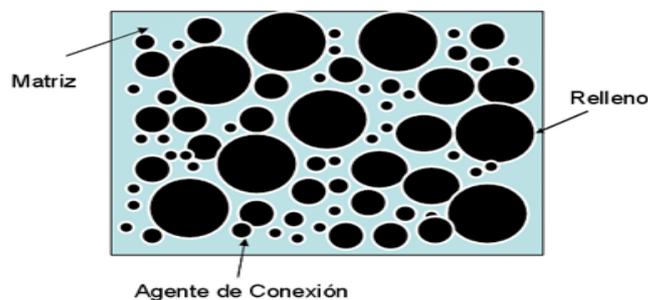


### Resinas compuestas

El término compuesto es la combinación tridimensional de un mínimo de dos materiales químicamente diferentes. (1) Las resinas compuestas dentales, son una mezcla compleja de resinas polimerizables mezcladas con partículas de rellenos inorgánicos. Para unir las partículas de relleno a la matriz plástica de resina, el relleno es recubierto con silano, un agente de conexión o acoplamiento. Otros aditivos se incluyen en la formulación para facilitar la polimerización, ajustar la viscosidad y mejorar la opacidad radiográfica. (Fig. 2)

(1)(4)(7)(8)

**Fig. 2**  
**Componentes fundamentales de las resinas compuestas. Esquema general donde puede verse la matriz de resina, las partículas de relleno y el agente de conexión.**<sup>7</sup>



Rodriguez G. Douglas R. "Evolución Y Tendencias Actuales En Resina Compuestas"

Las resinas compuestas se modifican para obtener color, translucidez y opacidad, para de esa forma imitar el color de los dientes naturales, haciendo de ellas el material más estético de restauración directa <sup>(7)</sup>. Inicialmente, las resinas compuestas se indicaban solo para la restauración estética del sector anterior. Posteriormente y gracias a los avances de los materiales, la indicación se extendió también al sector posterior. Entre los avances de las resinas compuestas, se reconocen mejoras en sus propiedades tales como la resistencia al desgaste, manipulación y estética. <sup>(8)(22)</sup> Igualmente, las técnicas adhesivas se han perfeccionado de tal forma que la adhesión entre la resina compuesta y la estructura dental es más confiable, reduciendo la filtración marginal y la caries secundaria. Además, las restauraciones de resina por ser adhesivas a la estructura dental permiten preparaciones cavitarias más conservadoras, preservando la valiosa estructura dental. Sin embargo, a pesar de todas estas ventajas, la colocación de las resinas compuestas es una técnica sensible y requiere de mayor tiempo de colocación, ya que se deben

Controlar factores como la humedad del campo operatorio y la contracción de polimerización. <sup>(7)</sup>

## **Composición de las resinas compuestas**

### **Matriz orgánica:**

La matriz orgánica está formada por el BIS-GMA, también llamada molécula de Bowen, tiene mayor peso molecular lo que implica que su contracción durante la polimerización es mucho menor, además presenta menor volatilidad y menor difusividad en los tejidos, es un comonomero integrado por una resina epóxica y una resina vinílica <sup>(5)(26)</sup>. Sin embargo, su alto peso molecular es una característica limitante, ya que aumenta su viscosidad, conllevando así a indeseables características de manipulación.<sup>(8)</sup> Actualmente el sistema Bis-GMA/TEGDMA es uno de los más usados en las resinas compuestas.<sup>(1)(4)(5)</sup>

Por otro lado, la molécula de Bis-GMA, tiene dos grupos hidroxilos los cuales promueven la sorción de agua. Un exceso de sorción acuosa en la resina tiene efectos negativos en sus propiedades y promueve una posible degradación hidrolítica.<sup>(8)</sup> Actualmente, monómeros menos viscosos como el Bis-EMA6 (Bisfenol A Polietileno glicol dieter dimetacrilato), han sido incorporados en algunas resinas, lo que causa una reducción de TEGDMA. El Bis-EMA6 posee mayor peso molecular y tiene menos uniones dobles por unidades de peso, en consecuencia produce una reducción de la contracción de polimerización, confiere una matriz más estable y también mayor hidrofobicidad, lo que disminuye su sensibilidad y alteración por la humedad.<sup>(9) (26)</sup> Otro monómero ampliamente utilizado, acompañado o no de Bis-GMA, es el UDMA (dimetacrilato de uretano), su ventaja es que posee menos viscosidad y mayor

flexibilidad, lo que mejora la resistencia de la resina. Las resinas compuestas basadas en UDMA pueden polimerizar más que las basadas en Bis-GMA, <sup>(1)</sup> sin embargo, Soderholm y col. indicaron que la profundidad de curado era menor en ciertas resinas compuestas basadas en UDMA debido a una diferencia entre el índice de refracción de luz entre el monómero y el relleno<sup>(7) (26)</sup>

### **Partículas de relleno**

Son las que proporcionan estabilidad dimensional a la matriz resinosa y mejoran sus propiedades. La adición de estas partículas a la matriz reduce la contracción de polimerización, y el coeficiente de expansión térmica, proporcionando un aumento de la resistencia a la tracción, a la compresión y a la abrasión, aumentando el módulo de elasticidad (Rigidez). <sup>(1)(7)(8)</sup> Las partículas de relleno reemplaza, en peso, entre un 50% a 80% a la matriz orgánica, en la composición de una resina compuesta. se presenta en forma de partículas de diferente forma y tamaño, en donde el átomo de silicio, siempre esta presente<sup>(7)(5)</sup> Se utiliza como relleno :el cuarzo, la sílice, cristales o vidrios de bario y estroncio y aluminio e incluso hidroxiapatita sintética <sup>(1)(5)(8)</sup>

El tamaño de la partícula influye en su facilidad o dificultad de pulido , dureza y en resistencia mecánica. La tendencia actual es la disminución del tamaño de las partículas, haciendo que la distribución sea lo más cercana posible en torno a  $0.05 \mu\text{m}$ <sup>(7)</sup>

A mayor tamaño de partícula: mayor carga, mayor dificultad de pulido y mayor resistencia. A menor tamaño de partícula: la superficie aumenta, por lo tanto, se requiere de una mayor cantidad de matriz orgánica que las puedan unir, lo

cual implica una menor carga <sup>(5)</sup> Es importante resaltar que cuanto mayor sea la incorporación de relleno a la matriz, mejor serían las propiedades de la resina, ya que, produce menor contracción de polimerización y en consecuencia menor filtración marginal, argumento en el cual se basa el surgimiento de las resinas condensables<sup>(7)(26)</sup>

### **Agente de enlace, conexión o de acoplamiento**

Cumplen la función de unir la partícula inorgánica a la matriz orgánica. Son compuestos orgánicos silánicos, moléculas con duplicidad reactiva <sup>(5)</sup> El agente responsable de esta unión es una molécula bifuncional que tiene grupos silanos (Si-OH) en un extremo y grupos metacrilatos (C=C) en el otro. Debido a que la mayoría de las resinas compuestas disponibles comercialmente tienen relleno basado en sílice<sup>(1) (7)(26)</sup>

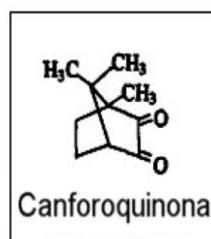
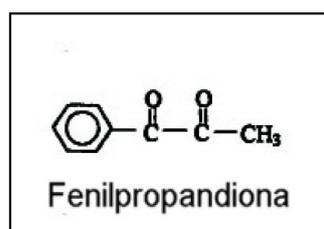
### **Sistema Iniciador-Activador de Polimerización**

El proceso de polimerización de los monómeros en las resinas compuestas se puede lograr de varias formas. En cualquiera de sus formas es necesaria la acción de los radicales libres para iniciar la reacción. Para que estos radicales libres se generen es necesario un estímulo externo. Según Yearn, en las resinas auto-curadas el estímulo proviene de la mezcla de dos pastas, una de las cuales tiene un activador químico (amina terciaria aromática como el dihidroxi-etil-p-toluidina) y la otra un iniciador (peróxido de benzoílo). <sup>(1)</sup> En el caso de los sistemas foto-curados, la energía de la luz visible provee el estímulo que activa un iniciador en la resina (canforoquinonas, lucerinas u otras

diquetonas.<sup>(7)</sup> La canforoquinona, se activa preferentemente con luz de una longitud de onda entre los 450 y los 490nm <sup>(7)(23)(24)(25)</sup>. recientemente se ha introducido la fenilpropandiona, cuyo espectro de absorción va de los 400 a los 450nm.<sup>(23)(24)</sup>. Los composites suelen presentar un contenido de canforoquinona del 0.15 – 0.20 %. Por el hecho de aumentar la proporción del fotoinicador no se consigue una mayor profundidad de polimerización ni un mayor grado de conversión del composite. Un mayor grado de conversión indicara una polimerización mas completa. <sup>(24)</sup>, sin embargo, presentan un color amarillo intenso, la canforoquinona no es deseada en las resinas de color muy blancas o translucidas <sup>(25)</sup>. La fenilpropandiona consigue por si sola una grado de conversión similar al conseguido por la canforoquinona y, cuando se utilizan juntos, actúan sinérgicamente dando lugar a una reacción de fotoactivación mas eficaz. La fenilpropandiona se suele utilizar en los adhesivos monocomponentes y en los composites de tonos esmalte o translúcidos (en ellos se suele sustituir la canforoquinona debido a que da un tono amarillo a la restauración).<sup>(24)(25)</sup> La canforoquinona se halla en mas del 90% de los materiales fotopolimerizables que encontramos en el mercado y se polimeriza con cualquier tipo de lámpara <sup>(24)</sup>

**Fig. 3**

**Estructura molecular de los sistemas iniciadores <sup>24</sup>**



## **Inhibidores de la polimerización**

Como su nombre lo indica, sirven para impedir la auto polimerización de una resina compuesta durante su almacenamiento (vida útil). Los compuestos más antiguos fueron la resorcina, la hidroquinona y el pirogalol. Los actuales son derivados de los fenoles, como el 4-metoxifenol y el 2,4,6 triterciarobutil fenol.<sup>(5)(8)</sup>

## **Estabilizadores del color**

Por lo general se utilizan en las resinas compuestas de autocurado o activados químicamente, que son sensibles a la decoloración o coloración por la luz ultravioleta solar. Para ello se le incorpora benzofenonas, benzotriazoles o fenilsalicilatos.<sup>(1)(5)</sup>

## **Pigmentos**

Son óxidos orgánicos con los cuales se puede obtener las tonalidades que permiten reproducir la mayoría de los colores de los dientes,<sup>(5)</sup> como el fluoruro de bario<sup>(8)</sup>

## **Clasificación de las resinas compuestas**

Lutz y Phillips clasificaron las resinas basándose en el tamaño y distribución de las partículas de relleno en: convencionales o macrorelleno (partículas de 0,1 a 100  $\mu\text{m}$ ), microrelleno (partículas de 0,04  $\mu\text{m}$ ) y resinas híbridas (con rellenos de diferentes tamaños). Otro sistema de clasificación fue el ideado por Willems y cols., el cual a pesar de ser más complejo, aporta más información sobre diversos parámetros como el módulo de Young, el porcentaje del relleno

inorgánico (en volumen), el tamaño de las partículas, la rugosidad superficial y la resistencia compresiva. Las resinas compuestas pueden clasificarse desde varios puntos de vista: de acuerdo con el tipo de relleno, método de curado, consistencia y uso.

1. De acuerdo con el tamaño de la partícula de relleno se pueden clasificar en:

- Resinas compuestas tradicionales o macrorrelleno (en desuso)
- Resinas compuestas de partículas pequeñas (en desuso)
- Resina compuesta híbrida
- Microhíbridas
- Resina compuesta de microrrelleno
- Resinas nanohíbridas (nanorrelleno)

### **Resinas compuestas de macrorrelleno**

Fueron las primeras utilizadas para obturación de dientes anteriores, actualmente en desuso, estas resinas constituyeron la base de las resinas compuestas actuales. Tienen partículas de relleno con un tamaño promedio entre 10 y 50  $\mu\text{m}$ <sup>(10)(22)</sup> se caracterizan porque sus partículas pueden fracturarse y ser desalojadas de manera selectiva de la matriz orgánica cuyo desgaste es más rápido. Estas resinas presentan poca resistencia al desgaste, especialmente en contactos oclusales fuertes. Este desgaste puede ser por pérdida de resistencia, adhesión, abrasión y desintegración química o

corrosión. Estos compuestos eran difíciles de pulir, se hacía necesario el uso de fresas de diamante, después de pulidos y de cierto tiempo de uso en la cavidad bucal, se tornaban ásperos por la desintegración de la matriz orgánica, lo que facilitaba la pigmentación prematura y el cambio de color<sup>(8)(11)(22)</sup>.

### **Resinas compuestas de partículas pequeñas**

Estas contienen relleno de sílice coloidal con un tamaño de partícula de 5  $\mu\text{m}$  y se idearon para contrarrestar las malas resinas de macrorrelleno. Estas resinas presentan las siguientes características: resistencia a la fractura de media a alta, alta carga de relleno, resistencia compresiva, de media a alta, buen pulido pero menos brillante que los microrrellenos, es decir son semi pulibles, excelente estabilidad de color, buena resistencia al desgaste<sup>(8)(22)</sup>

### **Resinas de microrrelleno.**

Estas contienen relleno de sílice coloidal con un tamaño de partícula entre 0.01 y 0.05  $\mu\text{m}$ .<sup>(11)</sup> Clínicamente estas resinas se comportan mejor en la región anterior, es decir para obturaciones cosméticas. En este sentido, nos permite la elaboración de obturaciones y carillas estéticas directamente en el paciente sin necesidad de enviar al laboratorio, por eso se emplean en cavidades de clase III, IV y V.<sup>(11)</sup> cierre de diastemas, carillas anteriores y en general se han utilizado en todo tipo de preparaciones debido a sus propiedades estéticas, facilidad de pulir y resistencia a la abrasión y elasticidad, donde las ondas y la tensión masticatoria son relativamente pequeñas. Proporcionan un alto pulimento y brillo superficial, confiriendo alta estética a la restauración.<sup>(12) (11)</sup>

Entre tanto, cuando se aplican en la región posterior muestran algunas desventajas, debido a sus inferiores propiedades mecánicas y físicas, alto coeficiente de expansión térmica y menor módulo de elasticidad<sup>(8)(11)</sup>.

### **Resinas compuestas híbridas**

Se denominan así por estar reforzados por una fase inorgánica de vidrios de diferente composición y tamaño en un porcentaje en peso de 60% o más, con tamaños de partículas que oscilan entre 0,6 y 1  $\mu\text{m}$ <sup>(22)</sup> incorporando sílice coloidal con tamaño de 0,04  $\mu\text{m}$ <sup>(8)</sup> Corresponden a la gran mayoría de los materiales compuestos actualmente aplicados al campo de la Odontología. Los aspectos que caracterizan a estos materiales son: disponer de gran variedad de colores y capacidad de mimetización con la estructura dental, menor contracción de polimerización, baja absorción acuosa, excelentes características de pulido y texturización, abrasión, desgaste y coeficiente de expansión térmica muy similar al experimentado por las estructuras dentarias formulas de uso universal tanto en el sector anterior como en el posterior, diferentes grados de opacidad y translucidez en diferentes matices y fluorescencia<sup>(7)(22)(26)</sup>. Corresponden a la gran mayoría de los materiales compuestos actualmente aplicados al campo de la odontología.

### **Resinas compuestas microhíbridas**

Resultan de la combinación de resinas híbridas con resinas de microrrelleno. Su utilidad es en restauraciones estéticas anteriores y posteriores, entre sus ventajas son que es de pequeño tamaño de partícula, alta resistencia al desgaste, mejor pulido y mayor rango de colores (esmalte translucido y dentina

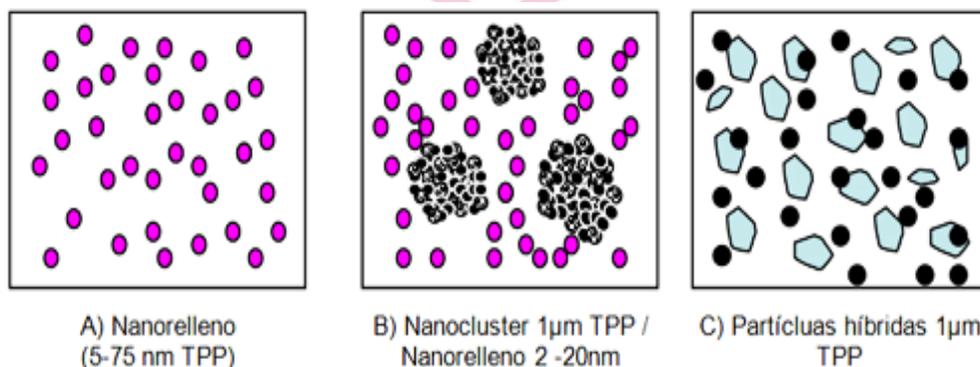
opaca), Sin embargo, estas resinas son difíciles de pulir y el brillo superficial se pierde con rapidez.<sup>(11)</sup>

### Resinas de nanorelleno

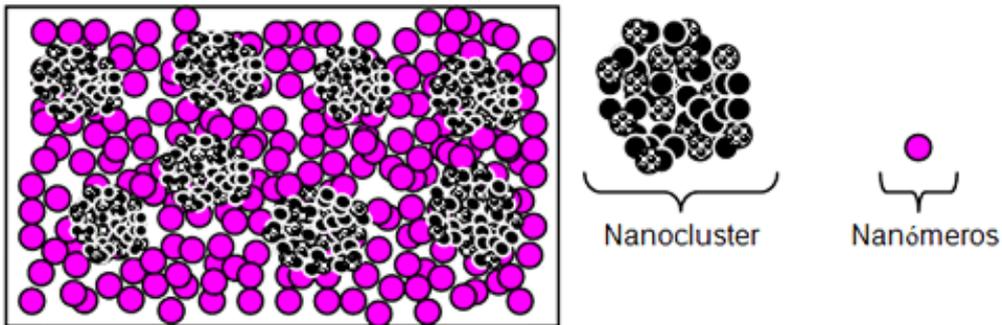
Este tipo de resinas se han desarrollado recientemente, contienen partículas con tamaños menores a 10 nm (0.01 $\mu$ m), este relleno se dispone de forma individual o agrupados en "nanoclusters" o nanoagregados de aproximadamente 75 nm.<sup>(12)(11)</sup> El uso de la nanotecnología en las resinas compuestas ofrecen alta translucidez, pulido superior, similar a las resinas de microrelleno pero manteniendo propiedades físicas y resistencia al desgaste equivalente a las resinas híbridas (Fig. 5, Fig. 6).<sup>(11)(8)</sup> Por estas razones, tienen aplicaciones tanto en el sector anterior como en el posterior.

Fig. 4

Esquema de la tecnología del nanorelleno. A) Partículas nanométricas, B) Partículas nanoclusters, C) Partículas híbridas. TPP: Tamaño promedio de las partículas. <sup>(7)</sup>



**Fig. 5**  
**Disposición de las partículas en una resina de nanorelleno<sup>(7)</sup>**



### **Clasificación de las resinas compuestas de acuerdo con la consistencia**

De acuerdo con la fluidez de la resina compuesta, estas pueden clasificarse en tres tipos<sup>(8)</sup>

- Resinas compuestas espesas
- Resinas compuestas fluidas
- Resinas compuestas empacables.

#### **Resinas compuestas espesas**

Son aquellas que tienen alta carga de relleno y comprenden todas las resinas descritas anteriormente.

#### **Resinas compuestas fluidas**

En las resinas compuestas híbridas está disminuido el porcentaje de relleno inorgánico y se han eliminado de su composición algunas sustancias cuyo principal objetivo es mejorar las características de manipulación<sup>(8)(7)</sup> Entre sus ventajas destacan: la alta humectabilidad de la superficie dental, lo que se traduce en el aseguramiento de penetración en todas las irregularidades de la misma, puede formar espesores de capa mínimos que mejora o elimina el

atrapamiento o inclusiones de aire , poseen alta flexibilidad por lo que tiene menos posibilidad de desalojo en áreas de concentración de estrés (procesos consuntivos cervicales y áreas dentinales socavadas), son radioopacas y se encuentran disponibles en diferentes colores<sup>(8)</sup> sin embargo ,presentan alta contracción de polimerización debido a la disminución del relleno y propiedades mecánicas inferiores.<sup>(26)(7)</sup>

Algunas de las indicaciones que pueden subrayarse para estos materiales son: la aplicación para restauraciones de clase V, en lesiones cervicales, las restauraciones oclusales mínimas o bien como materiales de base en cavidades de clase I o II en zonas con esmalte socavado <sup>(13)(8)</sup>.

### **Resinas compuestas empacables.**

Los composites condensables son resinas compuestas con alto porcentaje de relleno. <sup>(26)</sup> Sus ventajas son: la posibilidad de ser condensadas (como la amalgama de plata), mayor facilidad para obtener un buen punto de contacto y una mejor reproducción de la anatomía oclusal. Su comportamiento físico-mecánico es similar al de la amalgama de plata, superando a las de los composites híbridos <sup>(8)</sup>; sin embargo, su comportamiento clínico, según estudios de seguimiento es similar al de este último. Como principales inconvenientes destacan la difícil adaptación entre una capa de composite y otra, la dificultad de manipulación y la poca estética en los dientes anteriores. Su principal indicación radica en la restauración de cavidades de clase II con el fin de lograr, gracias a la técnica de condensación, un mejor punto de contacto.<sup>(26)</sup>

## **Propiedades de las resinas compuestas**

Las resinas compuestas como materiales de obturación deben cumplir una serie de requisitos: <sup>(8)</sup>

### **Requisitos de manipulación**

- Fácil selección del color consistencia óptima (manejo).
- Mínima sensibilidad a la humedad del material no polimerizado
- Buen pulido
- Buenas características de polimerización
- Baja fotosensibilidad.

### **Requisitos físico-químicos**

- Buenas propiedades mecánicas
- Coeficiente de expansión térmica similar a las estructuras dentarias
- Mínima o ninguna absorción de agua
- Mínima o nula solubilidad
- Mínima o ninguna contracción
- Alto grado de conversión del monómero
- Buena estabilidad durante su almacenamiento

## Requisitos clínicos

- Buena estabilidad en boca
- Buena coincidencia del color con los tejidos dentarios
- Buena sensibilidad cromática
- Abrasión similar al esmalte dental
- Suficiente radiopacidad
- Muy buena adaptación a los bordes de la preparación
- Adhesión a los tejidos dentarios
- Compatibilidad con los sistemas adhesivos dentarios
- Buena estabilidad de márgenes durante largos periodos
- Liberación de flúor con valor añadido
- Mínima o ninguna tendencia a la acumulación de placa.

## Requisitos toxicológicos

- Mínimo riesgo toxicológico posible
- Biocompatibilidad

## **Polimerización de resinas compuestas**

La matriz orgánica de las resinas compuestas es la parte químicamente activa del material, responsable por su transformación de una masa plástica en un sólido rígido. Esta reacción química ocurre mediante la activación de un sistema acelerador- iniciador que, genera radicales libres, que rompen los dobles enlaces (carbono-carbono) de los monómeros y, a continuación, genera nuevos radicales libres, que resulten en la unión de los monómeros en polímeros.<sup>(14)</sup> En las resinas compuestas de uso más común, la reacción acelerador- iniciador puede ocurrir de tres diferentes formas.<sup>(11)</sup>

**Polimerización química:** son aquellos materiales que constan de un acelerador y un iniciador y estos se encuentran disponibles en envases separados. La reacción de polimerización se inicia en el momento que las dos pastas se mezclan.

**Polimerización física:** este material es un estímulo físico, en general bajo la forma de una luz azul con longitud de onda específica. El fotoiniciador más comúnmente utilizado es la canforoquinona.

**Polimerización dual:** la reacción de polimerización es activada tanto de forma química como física. Las resinas compuestas duales más comunes son los cementos de resina.

Los principales monómeros que componen la matriz orgánica de las resinas compuestas son el UDMA y, en especial, el BIS-GMA, con moléculas de gran peso molecular que, consecuentemente, sufren menor contracción durante la polimerización. El gran peso molecular, sin embargo, inviabiliza la producción



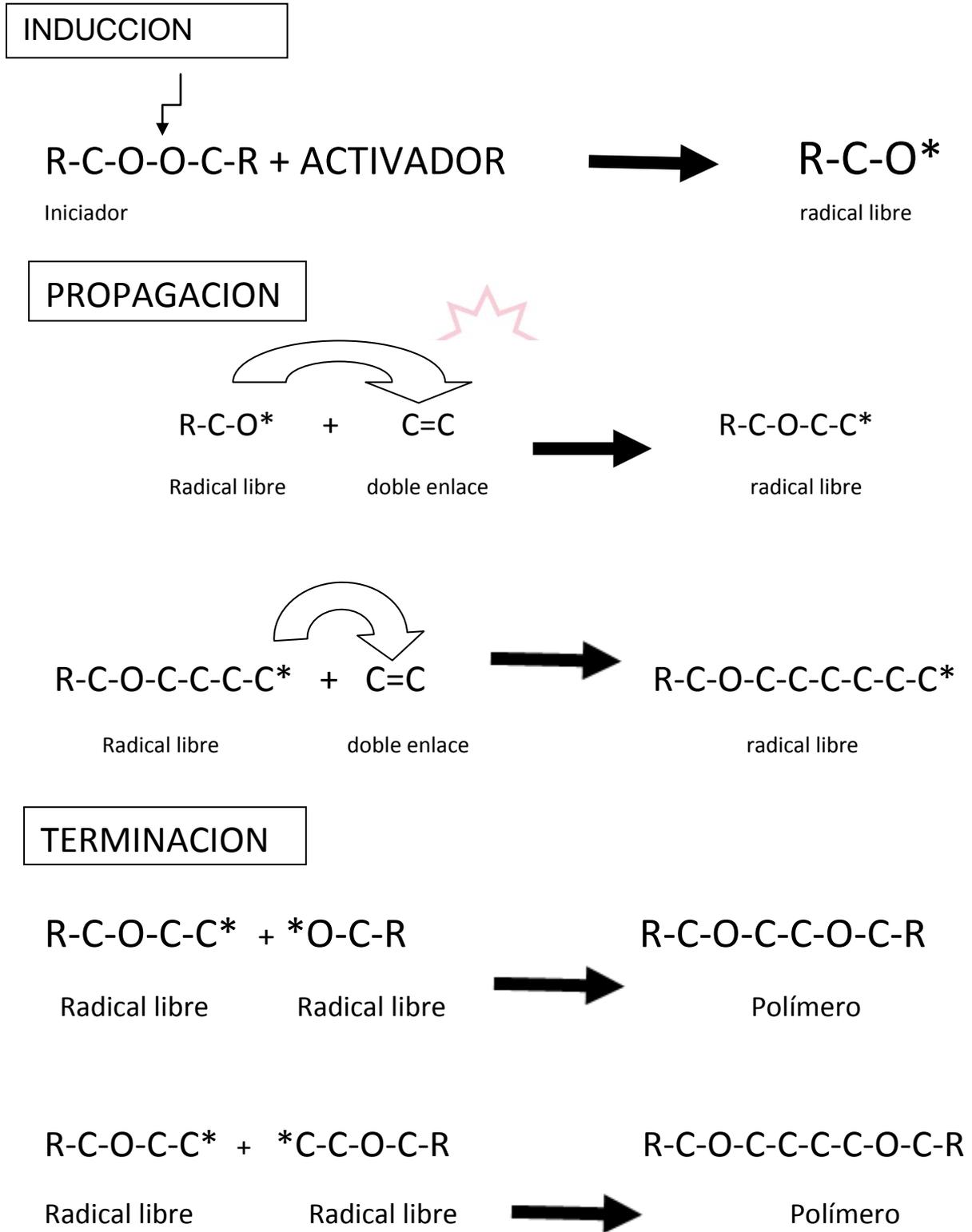
El siguiente esquema resume el mecanismo básico de la polimerización de las resinas compuestas. Aunque el proceso ocurra de forma levemente distinta en los materiales de polimerización química, física y dual, La polimerización se produce, por tanto, a través de una serie de reacciones químicas por las cuales se forma una macromolécula o polímero a partir de una gran cantidad de moléculas simples conocidas como monómeros. En otras palabras, gran cantidad de moléculas de bajo peso molecular, de una o más especies reaccionan y forman una molécula grande de elevado peso molecular (Phillips, 1993).

La primera fase conocida como inducción siempre se inicia con la ruptura de las moléculas del iniciador por la acción del activador, generando radicales libres.<sup>(11)</sup> La presencia de los radicales libres da inicio a la propagación, una reacción en cadena caracterizada por la ruptura de los dobles enlaces presentes en los monómeros. En el momento que el doble enlace es quebrado, el monómero es activado y reacciona como un nuevo radical libre, provocando que la reacción prosiga hasta que las dos moléculas activas se unan, intercambiando energía y cerrando la cadena del polímero, fenómeno conocido como terminación.<sup>(11)(27) (28)</sup>

Cabe señalar que todas estas reacciones son químicas y que continúan una vez apagada la luz. Por este motivo, debemos referirnos a este proceso como fotoactivación, en contraposición con el término fotopolimerización empleado hasta el momento<sup>(15)</sup>

Fig.7

Mecanismo de polimerización de las resinas compuestas <sup>(11)</sup>



Idealmente, al final de la reacción, no debería existir monómeros residuales (o sea, sin reaccionar), pero la presencia de estos es inevitable, debido a que, con el avance de la reacción, las cadenas poliméricas se tornan progresivamente más rígidas, impidiendo el movimiento y el reposicionamiento de las moléculas, factor esencial para que tengan lugar los enlaces. El porcentaje de los monómeros que tienen sus dobles enlaces (carbono-carbono) quebrados, formando polímeros, es el llamado grado de conversión y varía de acuerdo con el método de polimerización. Para que las resinas compuestas alcancen sus mejores propiedades, es deseable que el grado de conversión sea siempre el más alto posible.<sup>(15)(11)</sup> Sin embargo, esto daría lugar a un composite muy rígido, pudiendo perder parte de las supuestas mejoras en sus propiedades físicas, ya que es deseable cierta elasticidad del material para acomodarse a la masticación, cambios térmicos, etc. La masticación no es un fenómeno tipo yunque/martillo, o sea, rígido completamente. El esmalte y la dentina tienen cierta elasticidad (la dentina es cuatro veces más elástica que el esmalte), la boca no es isotérmica ya que presenta cambios térmicos y el composite está sujeto a los efectos de la humedad oral. Es más, la influencia de los cambios térmicos, probablemente, tendría efectos indeseables ya que originaría fracturas y rupturas en la interfase diente-resina-composite, que se traduce en microfiltraciones, tinciones y posible aparición de caries.<sup>(15)</sup>

Las resinas indebidamente polimerizadas presentan propiedades físico-mecánicas inadecuadas, además de cierta toxicidad, debido al monómero residual.<sup>(11)</sup> Cuanto mayor es la distancia de la fuente de luz a la resina compuesta, menor es la energía disponible para activar la polimerización.

Un alejamiento de 2 mm de la punta del fotopolimerizador a la superficie del material reduce en cuatro veces la intensidad de la luz en relación a 1 mm de alejamiento. <sup>(11)</sup>

### **Capa inhibida de oxígeno**

Bis-GMA y TEGDMA son monómeros bifuncionales metacrilato que se endurecen después de una reacción de polimerización de radicales libres inducida. Esta reacción es fuertemente inhibida por radicales libres como el oxígeno, dando lugar a la formación de una capa parcialmente polimerizada en la parte más superficial de la resina que se halla en contacto con el oxígeno atmosférico <sup>(1)</sup> La inhibición de la difusión de oxígeno de la atmósfera en las resinas de curado es responsable de la formación de una suave capa viscosa (pegajosa), superficial forman comúnmente en resinas recién polimerizado. Esto se debe a la oxidación de los radicales en especies estables conocidos como peróxidos, que tienen baja reactividad hacia monómeros. <sup>(16)</sup>

Esta capa inhibida varía en su espesor desde unos pocos micrones, en las resinas compuestas polimerizables con luz visible, (alrededor de 2.5 micrones hasta más de 50 micrones en los químicos.) <sup>(1)</sup> El acabado y pulido de las obturaciones de resina compuesta son procedimientos críticos en odontología conservadora <sup>(1)</sup> ya que de esta manera se elimina la capa inhibida por el oxígeno que se establece en la capa superficial de la obturación. Además, al eliminar en gran medida la rugosidad residual, disminuye el índice de acumulación de placa bacteriana, por lo tanto, previene la irritación gingival, cambio de coloración de la resina compuesta <sup>(2)</sup> las lesiones secundarias de caries, el desconfor del paciente, y mayor proporción de desgaste, indican que

la condición ideal sería su eliminación total de las áreas superficiales de las restauraciones <sup>(1)</sup> ya que irregularidades superiores a los quince micrones en la cavidad bucal son interpretadas por el sistema nervioso central como desagradables, desde el punto de vista sensitivo<sup>(2)</sup>, Sin embargo las propiedades de la capa inhibida de oxígeno son altamente positivas cuando se efectúan las obturaciones por técnica incremental, estratificada, o en capas, donde la presencia de la capa inhibida actuaría como agente de unión entre cada estrato del material compuesto a través de los grupos monoméricos libres.<sup>(1)</sup>

### **Técnicas para eliminar la capa inhibida de oxígeno.**

#### **Polimerización en una atmósfera de nitrógeno <sup>(29) (30) (32)</sup>**

**Shawkat, ES. Shortall, AC y cols. (2009)** en Reino Unido realizaron un estudio donde midieron la fuerza de adhesión entre las capas de resinas, refieren que el oxígeno en contacto con la resina forman una capa inhibida de oxígeno la cual debilita la unión entre capa de resina resina según la técnica de obturación incremental, para ello fabricaron una atmósfera de nitrógeno para eliminar el contacto de la resina con el oxígeno, fotocuraron la resina en esta atmósfera por medio de la técnica incremental, obtuvieron que la resistencia de la unión incremental no es totalmente dependiente de la capa inhibida de oxígeno.

**Suh, BI. (2004)** en EE.UU. refiere que la capa inhibida de oxígeno no es necesaria para la unión de resina- resinas (técnica incremental) para ello obtuvo muestras de resina, en una realizó los fotocurados en atmósferas de nitrógeno y el otro grupo de hizo en el aire, en las pruebas de la fuerza de adhesión no se encontró diferencias significativas entre las muestras con o sin la capa inhibida de oxígeno, concluyendo que la capa inhibida de oxígeno no es necesaria para la unión con resina compuesta.

**Papacchinia, F. Et al. (2007)** en Italia realizó un estudio donde Comparó la fuerza de microtracción de un composite híbrido de microrrelleno 24 horas después, con ese mismo material realizó tratamientos mecánico y / o químico y evaluó el efecto de inhibición de oxígeno en la capa de composite-composite, para esto dividió a su población en grupos diferentes a los cuales sometió a parte de ellos a una atmósfera de nitrógeno (inhibiendo la capa de oxígeno) y a los demás en el medio ambiente para el fotocurado, obteniendo como resultados que la inhibición de oxígeno no es crucial para el éxito de la adhesión de composite – composite después de las 24-h.

#### **Fotocurado en una atmósfera de argón <sup>(16)</sup>**

Sehgal, A. y cols. (2008) en India refiere que la técnica de multicapas es recomendada para restauraciones con resinas, sin embargo esta técnica nos trae un problema en cuanto a la adherencia de capas, siendo esto influenciado por la capa inhibida de oxígeno, para este estudio se realizó el curado de las resinas en atmósfera de argón evitando la formación de capa inhibida de oxígeno, simulando una atmósfera inerte; después de los resultados obtenidos

se llegó a la conclusión que la capa inhibida de oxígeno aumenta la resistencia al cizallamiento de las resinas, al permite que la interfase de resina- resina sea una zona de interdifusión.

### **Fotocurado sobre una capa de tira de poliéster transparente (matriz) <sup>(33)</sup>**

**Farid, S. Askarya , El. y cols. (2009)** en Egipto investigaron el efecto de distintos tratamientos de superficie en la resistencia de la unión a la tracción, Se prepararon muestras y se curó contra una sola capa de tira de poliéster transparente (matriz) para prevenir la formación de una capa de inhibición de oxígeno y las demás muestras fueron curadas en el aire sin usar la tira de poliéster, la presencia de una capa de inhibición de oxígeno, mejora la unión inmediata de resinas .

### **Métodos de pulido como soflex pop-on (3M), enhance y pogo <sup>(2)</sup>**

**Rixio, R. y cols. (2004)** en España refieren que los sistemas de acabado y pulido de las obturaciones de resina compuesta son procedimientos críticos en odontología conservadora, ya que de esta manera se elimina la capa inhibida de oxígeno que se establece en la capa superficial de la obturación, para ello evaluaron la rugosidad superficial de una resina híbrida acaba y pulida con diferentes sistemas como Soflex Pop – On, Enhance y Pogo. Todos los sistemas de acabado y pulido se utilizaron siguiendo las indicaciones de los fabricantes. El grupo Pogo fue el que Ofrecio índices de rugosidad superficial mas bajos. Y Enhance produjo superficies de acabo mas lisas y regulares que Soflex Pop- On , eliminado así la capa inhibida de oxígeno.

### **Exposición de jeringas de aire , agua y piedra pomez <sup>(31)(36)</sup>**

**Rueggeberg, FA. y cols, (1999)** en Georgia, estudio comparativo experimental in vitro con el objetivo de determinar la efectividad de los tratamientos de superficies para la reducción de la capa inhibida de oxígeno, para ello los grupo de estudio fueron : el control que no tuvo ningún tratamiento. A: exposición de 20 segundos de aire, B: aplicación de algodón humedecido en rollo aplicado de forma manual por 20 segundos, C: aplicación manuales de piedra pómez con una torunda de algodón por 20 segundos D: aplicación de una mezcla de agua y piedra pómez con una escobilla profiláctica junto a una pieza de baja velocidad por 20 segundos, los autores utilizaron alta cromatografía líquida (HPLC) para analizar la cantidad de monómeros que queda después de cada tratamiento, conclusión la piedra pómez elimina la mayor cantidad de monómero residual de un 93 a un 95 % de los valores del grupo control se deduce que una mezcla de piedra pómez es significativamente más eficaz en la eliminación de la capa de oxígeno.

### **Aplicación de glicerina durante la polimerización de las resinas <sup>(3)(17)(18)</sup>**

**Pérez, J. (2006)**, realizó una publicación con el objetivo de exponer una técnica sencilla y predecible para la realización de obturaciones altamente estéticas en dientes anteriores, utilizando resinas compuestas en la cual, después de polimerizar el último estrato, aconseja cubrir con glicerina todo el composite y dar una polimerización final. Esto se realiza con el objetivo de eliminar la capa inhibida de oxígeno; después proceder con el acabado y el pulido <sup>(17)</sup>

**Padrós Fradera, (2004)**, realizó una publicación titulada “ Un protocolo audaz para el sellado inmediato de la dentina vital tallada para prótesis “ donde realiza un nuevo método de sellado de los tubulos dentinarios usando un bonding (Optibond FL, Adhese, el Xeno III, el I-bond ) seguidamente para fotopolimerizar la capa externa del bonding cubre con glicerina gel y lo fotopolimeriza eliminando de esta forma la capa inhibida de oxígeno.

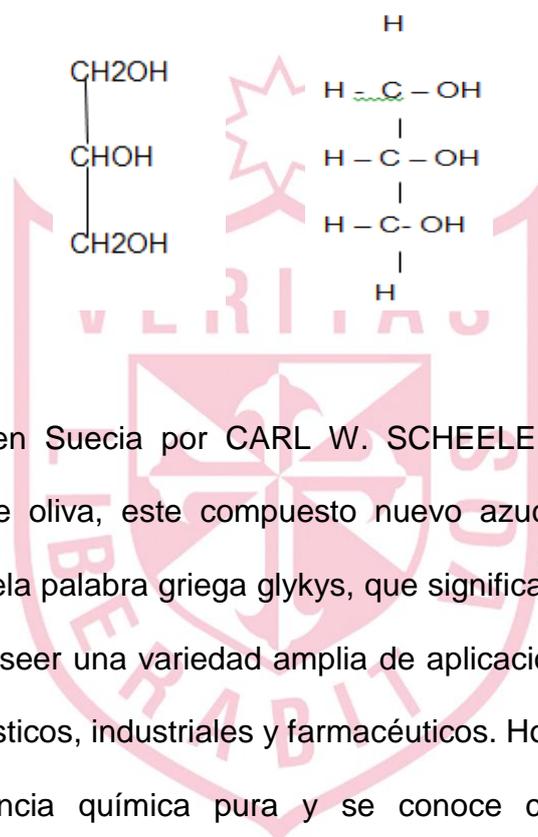
**Bergmann P. y cols (1991)**, en, Alemania. realizaron un estudio experimental comparativo in vitro, siendo el propósito del estudio fue examinar la efectividad de la glicerina gel previniendo la formación de la capa inhibida de oxígeno durante la polimerización de la resina, también se evaluó la incrustación de cerámica inlays, para ello fueron cementadas dividiéndose en dos grupos , grupo A: con aplicación de glicerina y grupo B: sin la aplicación de la glicerina en gel después de esto ambos grupos se sumergieron en acetona para extraer la capa inhibida de oxígeno. la polimerización del margen de las inlays después de la aplicación de glicerina en gel mostro mejor adaptación marginal que el margen de las inlays polimerizada sin este, concluyéndose que la inhibición de oxígeno durante la polimerización se puede prevenir mediante la aplicación de la glicerina geles a la superficie de los materiales de resina compuesta.

## Glicerina

La glicerina o 1,2,3 – propanotriol es un alcohol trivalente también llamado trihidrato de glicirilo, cuya forma química es: C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>O<sub>3</sub>

fig. 8

estructura molecular de la glicerina <sup>(34)</sup>



Fue descubierta en Suecia por CARL W. SCHEELE en 1779 al calentar litargiro y aceite de oliva, este compuesto nuevo azucarado fue nombrado glicerol (derivado de la palabra griega glykys, que significa dulce). El glicerol fue encontrado para poseer una variedad amplia de aplicaciones en la fabricación de productos domésticos, industriales y farmacéuticos. Hoy, el glicerol conocido refiere a la sustancia química pura y se conoce comercialmente como glicerina<sup>(35)</sup>

Hasta después de la II guerra mundial, casi todo el glicerol comercial fue producido como subproducto en la fabricación del jabón o de la hidrólisis de grasas y de aceites. Hoy, las cantidades substanciales de glicerol sintético están preparadas de un hidrocarburo llamado propileno. El glicerol crudo se purifica en varios grados, tales como el de la dinamita, el glicerol destilado y

químicamente puro amarillo. Solamente los grados mas alto de glicerol se utilizan en alimentos y medicinas<sup>(35)</sup>

El glicerol en su forma pura es líquido azucarado, claro, descolorido, inodoro, viscoso. Es totalmente soluble en el agua y lo alcoholes, levemente solubles en muchos solventes como el éter y es insoluble en hidrocarburos.<sup>(35)</sup>

La glicerina es muy higroscópica y su forma de actuar o función es: absorbe la humedad del aire hasta que la tensión del vapor de su solución se encuentra en equilibrio con la tensión de vapor de agua con la atmósfera<sup>(34)</sup>

En odontología la glicerina es utilizada formando parte de medicamentos, en pastas dentales y como alternativa en el tratamiento de blanqueamiento dental por ser un buen solvente<sup>(34)</sup>, en la actualidad la glicerina se usa para inhibir la capa superficial de oxígeno de las resinas.

La glicerina tiene la capacidad de captar la humedad del aire, tiende a conservar la piel blanda y húmeda. Es por eso que se utiliza en cosméticos.

### **Cromatografía líquida**

Los avances obtenidos en el desarrollo de la instrumentación científica consiguieron que al final de la década de 1960 fuese posible el análisis de las mezclas complejas por cromatografía de gases en cuestión de minutos o incluso segundos, pudiéndose detectar, en las condiciones mas favorables, cantidades de sustancia del orden de nanogramos y algunas veces de picogramos.<sup>(19)</sup>

Los componentes básicos de un sistema para HPLC son:

- Sistema de bombeo para proporcionar presión a la fase móvil.-

Un sistema de bombeo de HPLC debe ser capaz de generar elevadas presiones, producir un flujo libre de pulsaciones, conseguir un amplio intervalo de caudales con elevada reproductibilidad y esta dotado de componentes resistentes a la corrosión.<sup>(20)</sup>

- Dispositivo para la introducción de la muestra

Estos hacen posible la introducción a la muestra sin sobrecargar la columna. Habitualmente la muestra se suele introducir mediante bucles de muestra, dispositivos integrados en el equipo e intercambiables que permiten variar el volumen de muestra inyectado. Por otro lado otros utilizan inyectoros automáticos, también es posible la introducción de la muestra de manera manual. Los sistemas de inyección son un componente fundamental del HPLC, ya que un factor limitante en la precisión de una separación cromatográfica es la reproducibilidad con la que se pueda introducir la muestra en columna.<sup>(20)</sup>

- Columna cromatográfica. Son elementos esenciales para que transcurra la separación cromatográfica. La fase estacionaria esta contenida en un tubo con terminaciones, aisladas por ambos lados, que debe ser capaz de contener la presión generada en su interior tanto durante su fabricación como durante su uso. Las columnas deben proporcionar un camino controlado y adecuado para la entrada y salida de la muestra,

sin fugas, con el mínimo volumen posible y sin volúmenes muertos. Además deben ser químicamente inertes respecto al sistema de separación (muestra fase móvil y fase estacionaria)

- Detector. Es un instrumento con la capacidad de percibir la presencia de un compuesto y enviar la señal eléctrica correspondiente a un ordenador de registro. Una práctica común en HPLC es el uso de los detectores, colocados en serie o en paralelo en función de las características de la muestra, fundamentalmente de la concentración de las moléculas de interés.<sup>(20)</sup>

La cromatografía es un método físico de separación basado en la distribución de los componentes de una mezcla entre dos fases inmiscibles, una fija o estacionaria y otra móvil. Es decir la fase móvil puede ser un gas un líquido o un fluido y, la fase estacionaria está fijada a una columna o a una superficie sólida. Es esencial escoger ambas fases de tal modo que los componentes de la muestra se distribuyan de distinto modo entre ellas. Las moléculas fuertemente retenidas por la fase estacionaria se moverán lentamente con el flujo de la fase móvil, mientras que las que se unen débilmente a la fase estacionaria serán arrastradas con rapidez por la fase móvil. Debido a esta distinta movilidad, los componentes de una muestra se van a separar en bandas o zonas discretas que podrán ser analizadas cualitativamente o cuantitativamente. Existen varios métodos cromatográficos que se pueden clasificar en distintas formas, el resultado obtenido en cualquier técnica cromatográfica es un gráfico que recibe el nombre de cromatograma. En él se presenta una señal dependiente de las moléculas presentes en la muestra

frente al tiempo transcurrido desde que se haya añadido la fase móvil. Este cromatograma presenta picos u oscilaciones con los que es posible realizar análisis cualitativos y cuantitativos. Los primeros se basan en la posición de los picos en el eje del tiempo, identificando los distintos componentes de la muestra, mientras que los segundos se basan en el área bajo los picos, determinando la cantidad presente de cada componente. En ambos casos es esencial determinar el tiempo de retención de cada molécula, que se define como el tiempo transcurrido desde que la muestra se inyecta en el sistema cromatográfico hasta el pico de analito alcanza el detector<sup>(20)</sup>



## MATERIALES Y METODOS

- **Diseño metodológico**

-**Experimental:** porque se manipula una de las variables para esperar un resultado

-**Prospectivo:** Los resultados obtenidos fueron captados inmediatamente después del estudio.

-**Transversal:** Porque la información se obtiene inmediatamente después del procedimiento, en un momento determinado

-**Comparativo:** Porque se van a comparar, el grupo con glicerina gel y grupo control (sin glicerina).

- **Población y muestra**

La muestra estará conformada por 20 discos que serán elaborados para fines del siguiente estudio las cuales estarán distribuidas aleatoriamente en dos grupos:

**Grupo control:** 10 discos sin aplicación de glicerina gel

**Grupo experimental:** 10 discos con aplicación de glicerina gel.

### **Criterios de Inclusión**

Muestras con un diámetro no mayor de 10 mm y como mínimo de 7 mm.

Muestras con el mismo espesor. 2 mm como máximo

Muestras con un peso entre los 0.50 mg y 0.40 mg.

### **Criterios de Exclusión**

Muestras que presenten en la superficie objetos extraños.

Muestras irregulares en tamaño y forma.

- **Técnicas de recolección de datos**

El presente estudio utilizará la técnica observacional sistemáticamente estructurada

### **Preparación del instrumental**

Para la ejecución del presente estudio se prepararon los instrumentales de la siguiente manera: tubos de ensayo, fiolas, pipetas, viales y vasos Dapen fueron lavados con detergente y una escobilla, enjuagados con agua corriente, luego se sumergieron en agua destilada (agua desionizada) y seguidamente se lavo con agua ultrapura, este se obtuvo por el equipo EASY PURE II (RF ultrapure water system), este procedimiento se realizó con el fin de eliminar sustancias u objetos extraños que se encuentren impregnadas en la superficie interna del instrumental y puedan interferir con los resultados de análisis, es por ello que se secaron en una estufa a 120° por 60 minutos. Los demás instrumentos fueron esterilizados a 160° por 60 min, mientras que las gasas que se utilizó se esterilizaron a 120° por 30 minutos.

### **Preparación de los estándares**

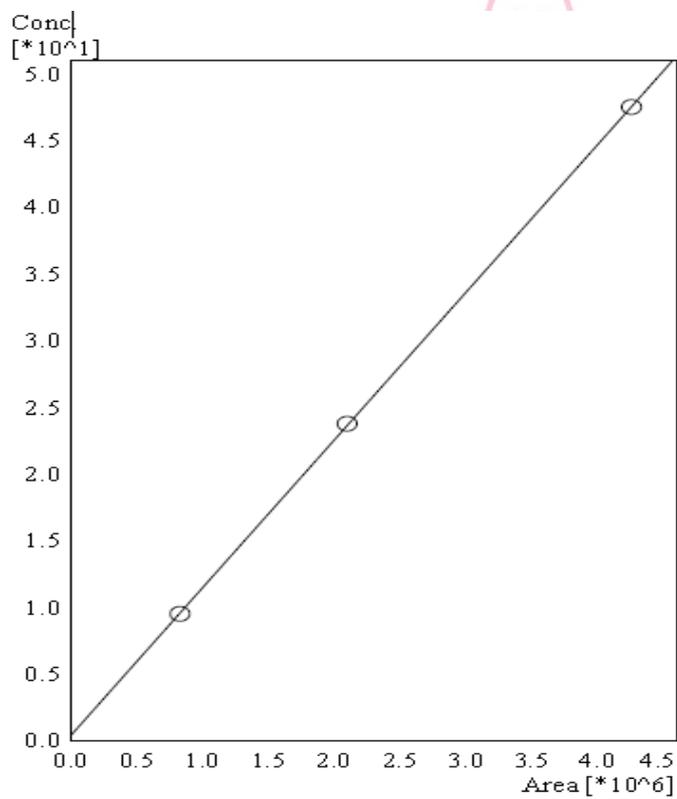
Para la determinación de la concentración del analito (componente orgánico de interés de análisis de una muestra) TEGDMA y BISGMA, se calibro por tres veces mediante diluciones cuantitativas:

ANALITO (TEGMA)

AREA DE PICO

CONCENTRACION DEL  
ESTANDAR, ppm

Estándar 1	829660	9.50
Estándar 2	2100918	23.75
Estándar 3	4262408	47.50



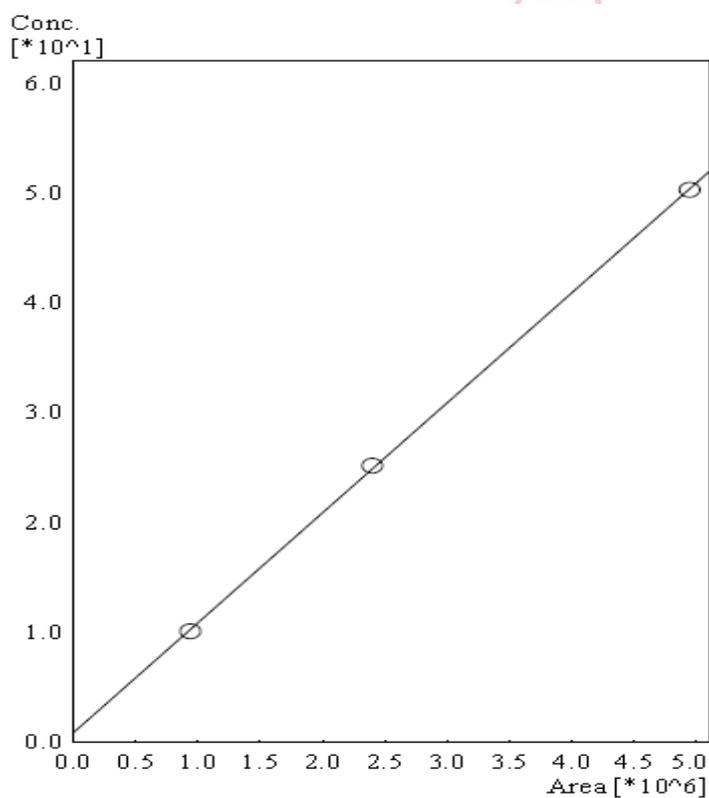
Ecuación de la grafica:

$$\text{Área} = 1.10611 \times 10^{-5} (\text{conc}) + 0.395856$$

$$r^2 = 0.9999722$$

ANALITO (BISGMA)	AREA DE PICO	CONCENTRACION DEL ESTANDAR, ppm
------------------	--------------	---------------------------------

Estándar 1	940065	10.043
Estándar 2	2401293	25.108
Estandar 3	4946959	50.215



**Ecuación de la grafica:**

$$\text{Área} = 1.00075 \times 10^{-5} (\text{conc}) + 0.806738$$

$$r^2 = 0.9998642$$

Estas calibraciones sirvieron para poder hallar mi ecuación lineal (curva de calibración) y así poder usarlo con mis muestras según el área de los estándares.

## **Preparación de las muestras**

El material dental que se usó en esta investigación fue la resina fluida PROFIL™ FLOW de la casa comercial SILMET cuya composición química es de; BisGMA / TEGDMA en 60% y cristales de bario con sílice en 40%. utilizamos este producto comercial fotocurable debido a que contenía una mayor cantidad de monómeros que otras resinas. Para cada muestra se calculó cualitativamente 0.50 mg como máximo de resina con un espesor no mayor de 2 mm, seguidamente fue colocada la resina fluida en vasos Dapen cuyas dimensiones fueron 10 mm. de diámetro Seguidamente: el grupo control conformada por 10 muestras, fue tratada de la siguiente manera: se fotoactivo por 20 segundos bajo la luz de curado lámpara de diodo de emisión (LED) cuya longitud de onda es de 460 a 500 nanómetros, esto se realizó según las instrucciones del fabricante. Seguidamente la resina fue desprendida cuidadosamente de los vasos Dapen, sin dañar la parte superficial de estas, con ayuda del lecro'n, a continuación con la piza de algodón se sostuvo al disco de resina y fue llevado a los tubos de ensayo.

**El grupo experimental** conformada por 10 muestras, fue tratada de la siguiente manera: se fotoactivo a la resina por 20 segundos con LED, seguidamente se le colocó con la jeringa la glicerina gel (BLOCK ACTION FORM, gel bloqueador de oxígeno) con un espesor no mayor de 2mm y luego se fotoactivo con la misma luz de curado por 20 segundos, a continuación retiramos los excesos de glicerina con una gasa seca estéril durante 5

segundos a fin de no interferir con la capa inhibida de oxígeno, luego el disco de resina fue desprendido cuidadosamente para ser llevado a los tubos de ensayo.

### **Preparación de los extractos**

Cuando las muestras se encontraban dentro de los tubos de ensayo se le agregó metanol (pureza del 95%) 5ml, esto se realizó con una pipeta y una bombilla para la medición exacta. Las muestras permanecieron sumergidas en metanol durante cinco minutos, se agitó suavemente y luego, el extracto obtenido al cumplir los cinco minutos fue llevado a otro tubo de ensayo separando así la muestra y el extracto, se tomó 1 ml del extracto con la micropipeta, para luego ser llevado a una fiola de 50 ml para su dilución, el volumen restante era acetonitrilo (80%) y agua ultrapura (20%). Luego se homogenizó (agitó) la solución y fue llevado a un filtromicroporoso de 0.22  $\mu$ m. seguidamente esta solución fue llevada a los viales para el análisis cuantitativo con el equipo de cromatografía líquida de alto rendimiento, este equipo se encuentra en el laboratorio número doce Área de Análisis Químico, Consultoría e Investigación, Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Ingeniería, y se usó para la determinación cuantitativa de extracción de monómeros.

### **Análisis con el HPLC**

El análisis se logró con Cromatografía líquida de alta eficacia o Cromatografía líquida de alta presión (HPLC) Shimadzu LC-20AD pump, SPD-M20 PDA detector, CTO-20 column oven, SIL-20A auto injector, CBM-20A computer bus module. Equipado con una fase inversa (columna analítica) Phenomenex Luna

C 18.25 cm x 4.8 mm /5  $\mu\text{m}$ . La fase móvil será una solución isocrática (técnica de la fase móvil) de 80% acetonitrilo, 20% de agua con un caudal de 1.5 mL  $\text{min}^{-1}$  y la detección se realizará a una longitud de onda de 208 nm.

Todas las mediciones se realizarán una vez para cada uno de los extractos, el tiempo de elución (tiempo de retención) de BisGMA es 3.9 min y TEGDMA es 3.2 min, cabe señalar que los picos generados por los estándares sirvieron como patrones para la determinación de BisGMA y TEGDMA. Las concentraciones de monómero de la capa inhibida de oxígeno fueron calculadas, mediante el uso de los coeficientes obtenidos por una regresión lineal de análisis de los resultados de la serie estándar.

### **Recolección y procesamiento de la información**

La información fue recolectada mediante fichas en las que se anotaron los valores obtenidos de cada muestra, agrupados en dos. Los datos fueron procesados y analizados en el programa estadístico SPSS v15 para la confección de diagrama de caja.

### **Análisis estadístico**

Los datos fueron procesados y analizados en el programa estadístico SPSS v15. El análisis descriptivo de la variable dependiente en los dos grupos se realizó a través de la mediana y rango intercuartílico junto con los respectivos diagramas de caja y línea puesto que se determinó, a través de la prueba de Shapiro Wilk, que no presentaba distribución normal. Para comparar los valores de la variable dependiente en ambos grupos se utilizó la prueba U de Mann Whitney con un nivel de significancia del 5%.

## RESULTADOS

### Concentración del monomero TEGDMA en ppm en la superficie de resinas compuestas en el grupo control

Tabla 1

Grupo	Concentración de TEGDMA (ppm)				
	N	MIN*	MAX†	Mediana	RI‡
Control	10	3979,45	17938,40	6754,90	5165,35

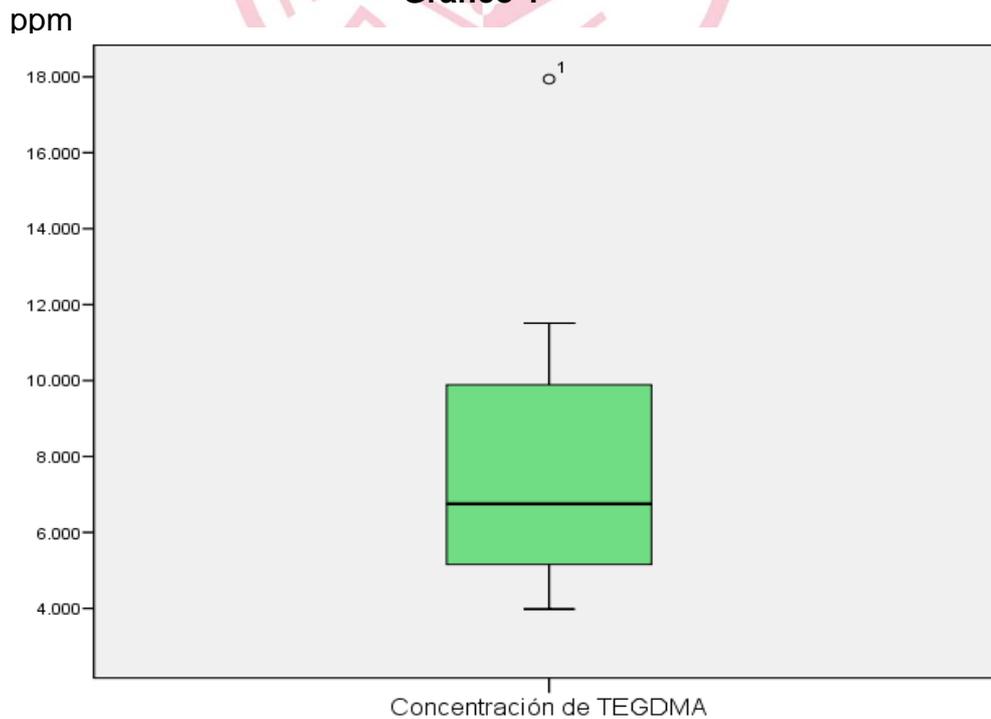
\* MIN = Valor mínimo

† MAX = Valor máximo

‡ RI = Rango intercuartílico

La concentración de TEGDMA en el grupo control tuvo una muestra de diez, se obtuvo como valor mínimo 3979,45 ppm y como valor máximo 17938,40 ppm, siendo la mediana 6754,90 ppm y, un rango intercuartílico de 5165.35 ppm

Grafico 1



**Concentración del monomero BISGMA en ppm en la superficie de resinas  
compuestas en el grupo control**

**Tabla 2**

Grupo	Concentración de BisGMA (ppm)				
	n	MIN*	MAX <sup>†</sup>	Mediana	RI <sup>‡</sup>
Control	10	6205,85	33926,95	11265,73	4354,01

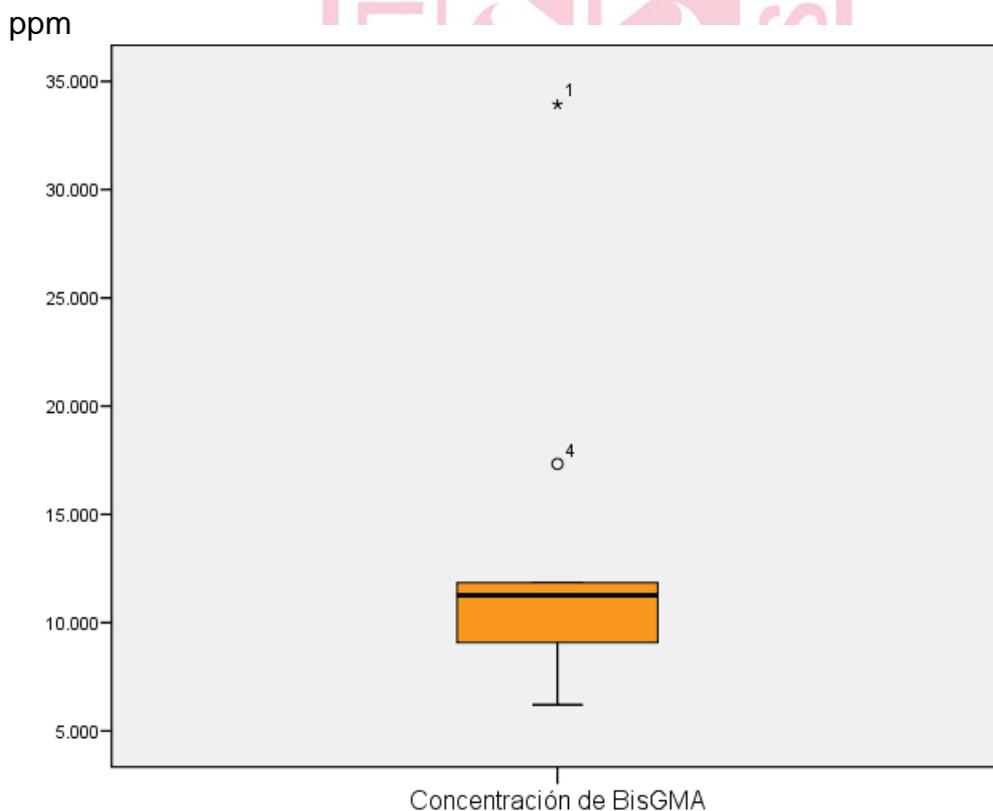
\* MIN = Valor mínimo

† MAX = Valor máximo

‡ RI = Rango intercuartílico

La concentración de BISGMA en el grupo control tuvo una muestra de diez, el valor mínimo es 6205,85 y el valor máximo es 33926,9, obteniendo una mediana 11265,73 y un rango intercuartílico de 4354,01 ppm

**Grafico 2**



**Concentración del monomero TEGDMA en ppm en la superficie de resinas compuestas en el grupo experimental.**

**Tabla 3**

Grupo	Concentración de TEGDMA (ppm)				
	N	MIN*	MAX†	Mediana	RI‡
Experimental	10	14,41	94,12	35,99	26,79

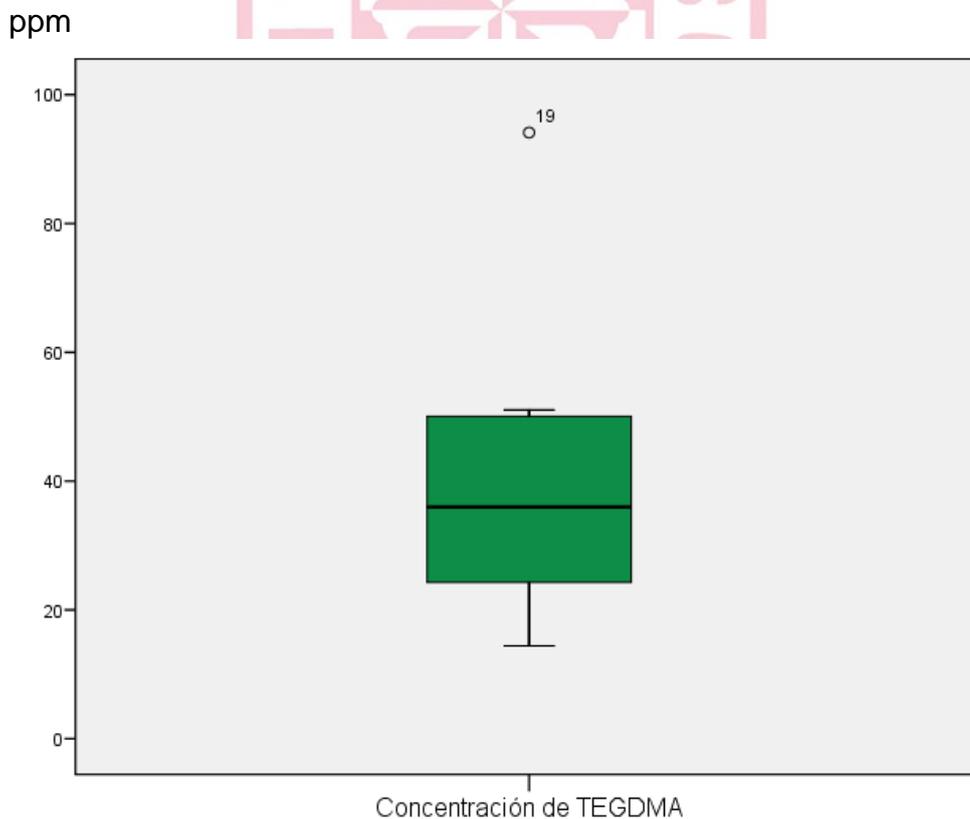
\* MIN = Valor mínimo

† MAX = Valor máximo

‡ RI = Rango intercuartílico

En el grupo experimental el tamaño de muestra de la concentración de TEGDMA fue de diez, mientras que su valor mínimo fue de 14,41 y su valor máximo fue de 94,12, obteniendo una mediana de 35,99 y un rango intercuartilico de 26,79

**Grafico 3**



**Concentración del monomero BISGMA en ppm en la superficie de resinas compuestas en el grupo experimental.**

**Tabla 4**

Grupo	Concentración de BisGMA (ppm)				
	n	MIN*	MAX†	Mediana	RI‡
Experimental	10	33,33	200,50	71,92	52,74

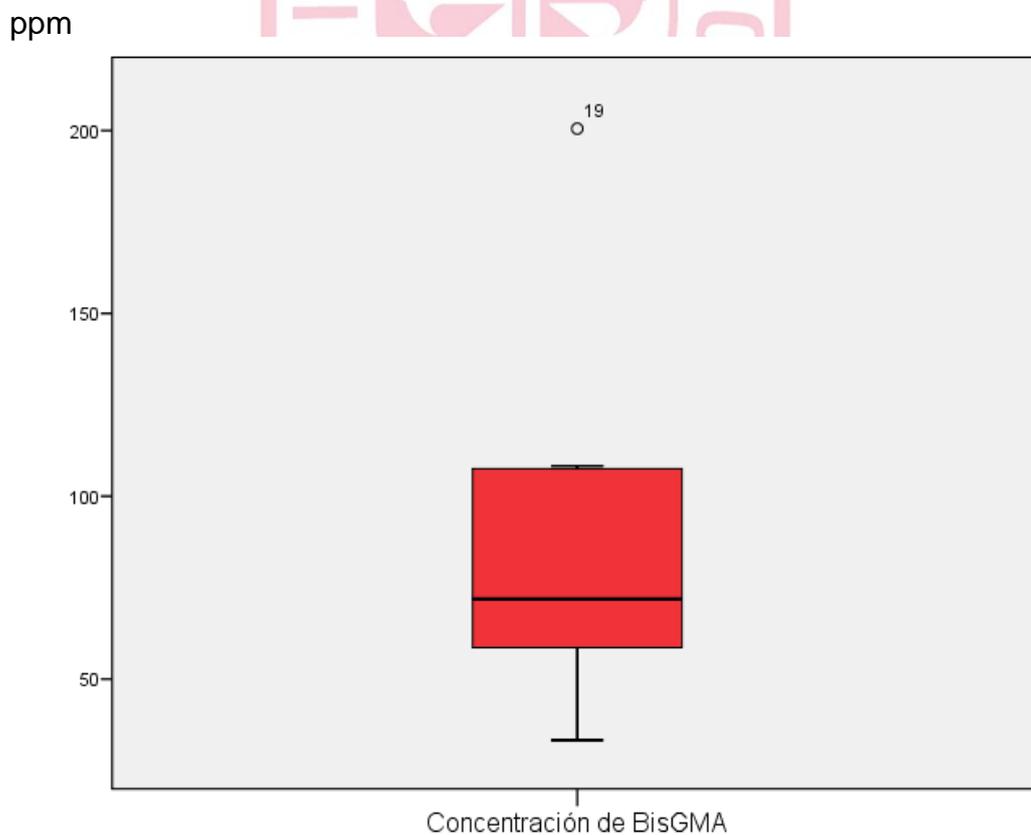
\* MIN = Valor mínimo

† MAX = Valor máximo

‡ RI = Rango intercuartílico

En el grupo experimental el tamaño de muestra de la concentración de BISGMA fue de diez, mientras que su valor mínimo fue de 33,33 y su valor máximo fue de 200,50 obteniendo una mediana de 71,92 y un rango intercuartílico de 52,74.

**Grafico 4**



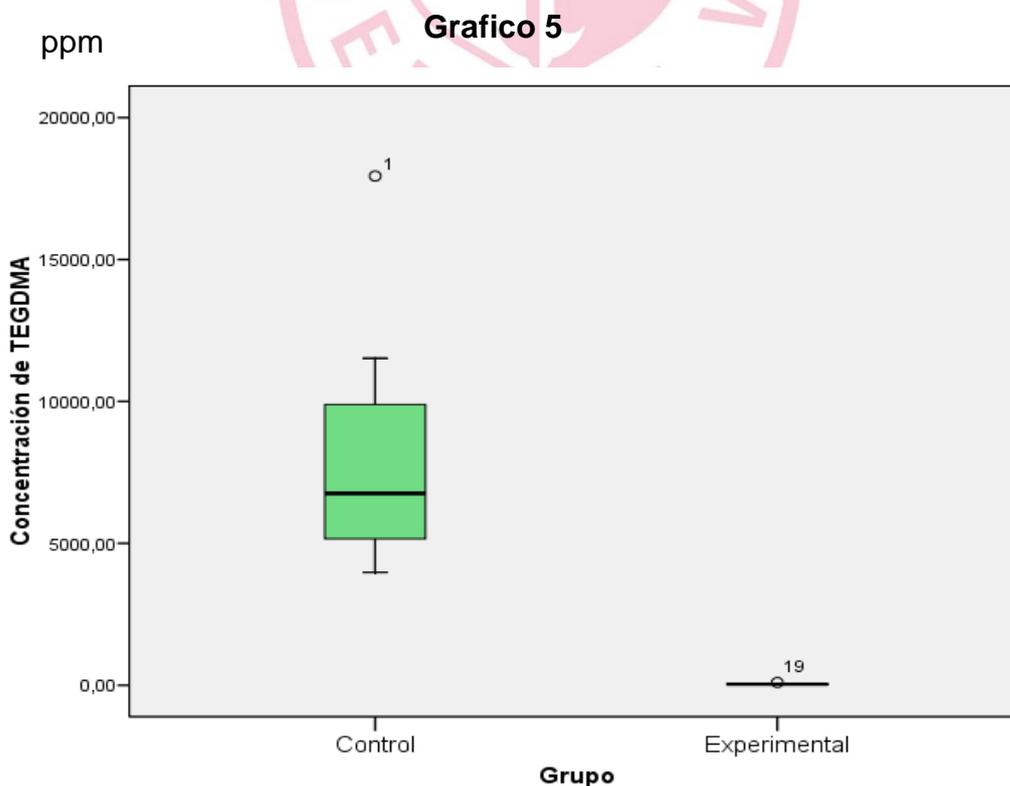
**Comparación de la concentración del monomero TEGDMA en ppm en la superficie de resinas compuestas en el grupo experimental y control.**

**Tabla 5**

Grupo	Concentración de TEGDMA (ppm)				
	N	Mediana	SM*	U	p
Control	10	6754,90	155	0	< 0,001
Experimental	10	35,99	55		

\* SM = Suma de rangos

Cuando se comparó la concentración de TEGDMA se encontró una mayor concentración de mediana en el grupo control (6754,90 ppm) que en el experimental (35,99), lo cual fue estadísticamente significativo ( $p < 0,001$ ) al aplicar la prueba de U de Mann Whitney



**Comparación de la concentración del monómero BISGMA en ppm en la superficie de resinas compuestas en el grupo experimental y control.**

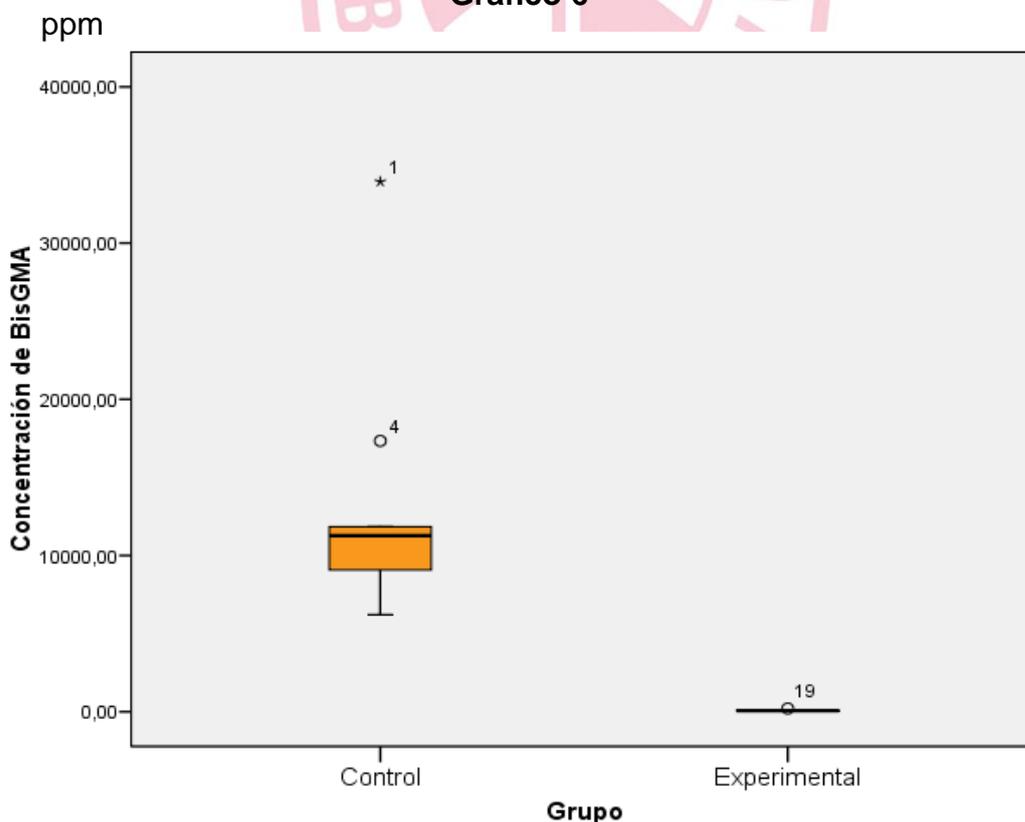
**Tabla 6**

Grupo	Concentración de BisGMA (ppm)				
	n	Mediana	SM*	U	p
Control	10	11265,73	155	0	< 0,001
Experimental	10	71,92	55		

\* SM = Suma de rangos

Quando se comparó la concentración de BISGMA se encontró una mayor concentración mediana en el grupo control (11265,73 ppm) que en el experimental (71,92 ppm), lo cual fue estadísticamente significativo ( $p < 0,001$ ) al aplicar la prueba de U de Mann Whitney

**Grafico 6**



## **CONCLUSIÓN:**

Con un nivel de significancia  $p=0.001$ , se acepta la hipótesis de investigación, es decir existen diferencias altamente significativa entre el grupo control y el grupo experimental donde se aplicó glicerina.



## DISCUSIÓN

Se han realizado numerosas investigaciones con el fin de lograr la eliminación de la capa inhibida de oxígeno en restauraciones a base de BisGMA y TEGDMA, confiriéndole a esta eliminación propiedades tales como los estudiados por Caballero Capristan G <sup>(34)</sup>, Bergmann P. y cols. <sup>(3)</sup> y Prados Fradera <sup>(18)</sup>, que investigaron la disminución de la microfiltración a través de la introducción en el protocolo convencional el uso de la glicerina gel. Por otro lado, la publicación realizadas por Jordi Perez <sup>(17)</sup>, mencionan que con la aplicación de glicerina gel en la superficie de materiales dentales a base resinas compuestas, se reduce la presencia de la capa inhibida de oxígeno obteniendo beneficios en sus restauraciones clínicas tales como mejor estética y un mayor tiempo de vida de las mismas. Sin embargo, esta última publicación se basó solo por criterios clínicos y no cuantitativos en la reducción de la capa superficial inhibida de oxígeno, en nuestra investigación se utilizaron criterios objetivos de medición a través de la Cromatografía líquida de alta eficacia o Cromatografía líquida de alta presión (HPLC).

Se han realizado una serie de investigaciones con el fin de determinar la influencia de la capa superficial inhibida de oxígeno en las restauraciones estéticas del sector anterior con resinas compuestas, con este fin se han empleado una serie de métodos para la eliminación de esta capa residual, tales como los propuestos por Rixio Abreu y cols <sup>(2)</sup>, donde emplea sistemas de pulidos sofisticados y costosos además de ser limitantes en su uso pues su aplicación está indicada solo en el sector anterior. Nuestro estudio tuvo los mismos objetivos en la reducción de la capa residual que el propuesto por

Roxio Abreu, sin embargo, sus resultados fueron determinados mediante un rugosímetro con el que mide la dureza superficial de la resina. Llegando a concordar con nuestro estudio en la factibilidad de la reducción de la capa inhibida de oxígeno empleando sistemas de pulido sofisticado o glicerina gel.

En nuestro estudio usamos la glicerina gel para reducir la capa superficial inhibida de oxígeno en las resinas compuestas, obteniendo como resultado la confirmación de nuestras hipótesis pues se encontró diferencias estadísticamente significativa entre el grupo experimental y control.

Con el objetivo de medir exactamente la reducción de la capa inhibida de oxígeno se han encontrado escasas metodologías, es por ello que nuestro estudio se basó en la propuesta de Komurcuoglu E. <sup>(36)</sup> quién empleó el HPLC como un sistema de medición de la capa inhibida de oxígeno al utilizar para su reducción, diversos sistemas tales como rollos de algodón, chorros de aire y agua y piedra pómez, encontrando que esta última fue la más eficaz en la reducción de la capa superficial. La metodología empleada por Komurcuoglu en cuanto al uso del HPLC ha sido mejorada en relación al tiempo de elución de sus estándares y sus muestras, ya que en su estudio fueron tiempos diferentes, mientras que en la presente investigación se mantuvo el tiempo de elución entre los estándares y la muestra, lo que indica una mayor confiabilidad de los resultados obtenidos en nuestra investigación.

Cabe mencionar que el número de muestras tomadas para este estudio se justifica según los antecedentes, pues el doctor Bergmann P. y cols <sup>(3)</sup> en su estudio usó solo 16 muestras de incrustaciones obteniendo resultados

cualitativos, Rueggeberg FA y cols <sup>(31)</sup> utilizo 20 láminas como muestra y sus resultados fueron cuantitativos, Caballero G. empleo 30 piezas dentarias y sus resultados fueron cualitativos, komurcuoglu E y cols. Utilizo 20 muestras en su estudio obteniendo sus resultados en valores cuantitativos, es por ellos que en este estudio se toma 20 muestras y nuestros resultados son expresados cuantitativamente (en ppm).

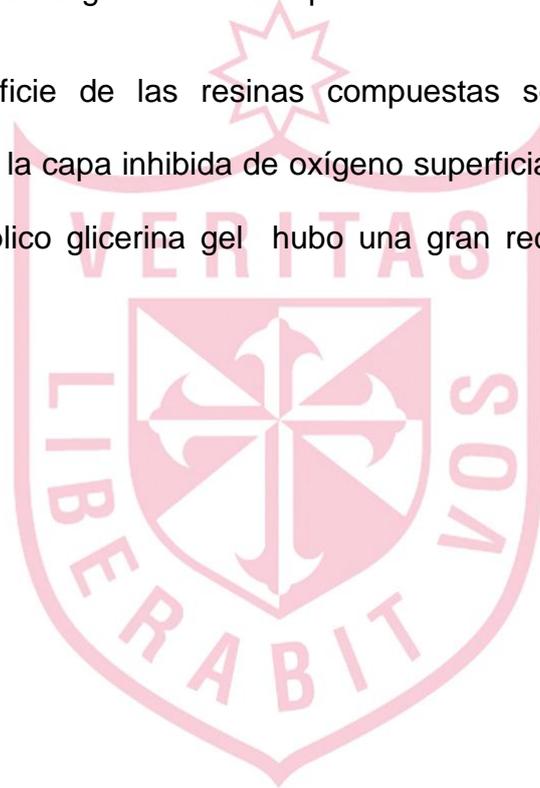
Durante el proceso de la elaboración de las muestras de nuestra investigación se empleó gasa seca durante 5 segundos para eliminar los excedentes de glicerina gel, acción que según Rueggeberg FA. <sup>(31)</sup> no altera la presencia de la capa inhibida de oxígeno en la aplicación durante ese corto periodo de tiempo.

La reducción de la capa inhibida de oxígeno no solo está orientada al ámbito estético sino también, según lo mencionado por Abreu y Ayla, se obtiene beneficios en cuanto a la disminución de la acumulación de placa bacteriana, por lo tanto previene la irritación gingival, cambio de coloración de resina compuesta, lesiones secundarias de caries, obteniendo así un mayor tiempo de vida de las restauraciones <sup>(1) (2)</sup>.

Además se encontraron otros estudios en cuanto a la reducción de la capa superficial inhibida de oxígeno como los realizados por Rueggeberg FA. <sup>(31)</sup> y Komurcuoglu E. <sup>(36)</sup> quienes concuerdan al igual que nuestro estudio que ningún método empleado en sus investigaciones como piedra pómez, chorros de agua y aire ni glicerina gel logra eliminar completamente la capa superficial inhibida de oxígeno.

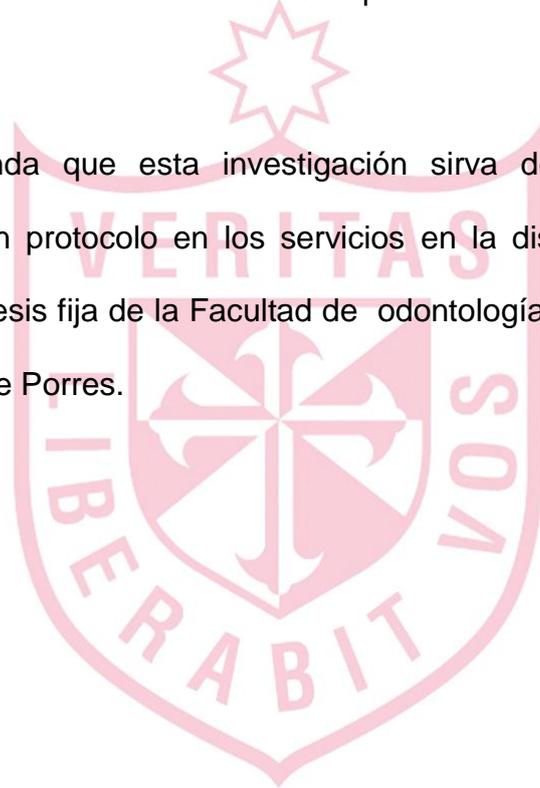
## CONCLUSIONES

- La glicerina gel reduce altamente la presencia de la capa superficial inhibida de oxígeno en las resinas compuestas
- Existe una alta presencia de la capa inhibida de oxígeno superficial en las resinas compuestas.
- El uso de glicerina gel reduce la capa inhibida de oxígeno superficial.
- En la superficie de las resinas compuestas se encontró una alta presencia de la capa inhibida de oxígeno superficial mientras que a las que se le aplicó glicerina gel hubo una gran reducción de esta capa superficial.



## RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar estudios similares con otro tipo de resinas.
- Es conveniente realizar estudios similares utilizando una metodología bajo un ambiente sometido a los fluidos bucales.
- Se sugiere realizar estudios de microfiltración, sellado de túbulos dentinarios en la reducción de la capa inhibida de oxígeno utilizando glicerina gel.
- Se recomienda que esta investigación sirva de base teórica para establecer un protocolo en los servicios en la disciplina de operatoria dental y prótesis fija de la Facultad de odontología de la; universidad de San Martín de Porres.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1.- Ayala Solares H. Evaluación In Vitro de Microfiltración en la Cohesión de la Interfase Resina-Resina Utilizando Unión Química (Capa Inhibida) a Diferentes Intervalos de Tiempo y Adhesión Micromecánica con Técnicas de Adhesión. Guatemala; 2004.
- 2.- Abreu Rodriguez R, Gorriz Peris S, Pascual Moscadó A. Sistema De Acabado Y Pulido De Resinas Compuestas: Analisis Perfilometrico. Dentsply. 2004.
- 3.- Bergmann P, Noack Mj, Roulet Jf. Marginal Adaptation With Glass-Ceramic Inlays Adhesively Luted With Glycerine Gel. Quintessence International. 1991; 22(9); 739-44.
- 4.- Insignares Ordoñez S. Resinas Compuestas [ sede web ]. Colombia: salvadorinsignares.com; 2011 [ acceso 15 de octubre de 2011]. Disponible en: [http://www.salvadorinsignares.com/programaonline/programarehabilitacion/operatoria/polimeros/Resinas\\_compuestas.htm](http://www.salvadorinsignares.com/programaonline/programarehabilitacion/operatoria/polimeros/Resinas_compuestas.htm).
- 5.- Steenbecker González O. Principios y bases de los biomateriales en operatoria dental estética adhesiva: propiedades, principios, fundamentos. 1era ed. Valparaíso: Universidad de Valparaíso; 2006.
- 6.- Albers, H. Selección Y Colocación De Materiales. Odontología Estética. 1988; 1(2): 21-25.
- 7.- Rodriguez G, Pereira S. Evolucion Y Tendencias Actuales En Resinas Compuestas. Acta Odontologica Venezolana. 2008; 46(3).
- 8.- Cova Natera JL. Biomateriales dentales. 2a ed. Caracas: Amolca; 2010.

- 9.- Chain M, Camargo C, Andriani O. Estética: Dominando os desejos e controlando as expectativas. Estética. 2002; 3(14).
- 10.- Bayne S, Taylor D. Arte y ciencia Operatoria dental. 3<sup>era</sup> ed. Madrid: HarcourtBrace, 1999.
- 11.- Baratieri LN, Monteiro S. Odontología restauradora: fundamentos y técnicas. Sao paulo: Santos; 2011.
- 12.- Bayne C. Perspective: Our future in restorative dental materials. J. EstheticDent. 2000;12: 175-83.
- 13.- HervesGarcia A, Martinez Lozano M, Cabanes Vila J, Barjau Escribano A, FosGalve P. Resinas Compuestas. Revision De Los Materiales E Indicaciones Clinicas. Scielo. 2006;11(2).
- 14.- Marcona García JC. La contracción de polimerización de los materiales restauradores a base de resinas compuestas. Odontología conservadora. 1999;2(1).
- 15.- Keogh Tp. Polimerización Iniciada Mediante Luz: Claros Y Oscuros De Las Nuevas Técnicas . Ideas Y Trabajos Odontostomatológicos. 2001;2(1):29-37.
- 16.- Sehgal A, Rao Yh, Joshua M, Narayanan LI. Evaluation Of The Effects Of The Oxygen-Inhibited Layer On Shear Bond Strength Of Two Resin Composites. J Dent Conserv. 2008; 11(4): 159 – 61.
- 17.- PerezManauta J. Estratificación Con Composite En Restauraciones Anteriores Complejas Empleando Las Cinco Dimensiones Del Color. Maxillaris. 2006: 170-186.
- 18.- PadrósFradera E. Un protocolo Audaz Para El Sellado Inmediato De La Dentina Vital Tallada Para Prótesis. Scielo. 2004; 9(6).

- 19.- Hernández Hernández L, González Pérez C. Introducción al análisis instrumental. 1ª ed. Barcelona: Ariel; 2002.
- 20.- Alfonso Méndez M. Desarrollo de métodos para el aislamiento y la detección de toxinas marinas en productos de pesca y acuicultura [tesis doctoral]. Galicia: Universidad Santiago de Compostela; 2009.
- 21.- Harris CD. Análisis químico cuantitativo. 3era ed. Barcelona: Reverté; 2003.
- 22.- Baratieri LN. Soluciones clínicas fundamentos y técnica. Sao paulo: Livraria Santos Editora; 2009.
- 23.- Sanchez Soler La, Espias Gomez Af. La Fotopolimerización En 2002. Scielo. 2004;20(6):289-95.
- 24.- Mallat Callis E. Parámetros De Interés De Las Lámparas De Polimerizar. Geodental. 2002.
- 25.- Nocchi Conceição. Odontología restauradora salud y estética. 2ª ed. Argentina: medica panamericana; 2007.
- 26.- Hervas Garcia A, Martinez Lozano M A, Cabanes Vila J, Barjau Escribano A, Fos Galve P. Resinas Compuestas. Revisión De Los Materiales E Indicaciones Clínicas. Scielo. 2006; 11(2):215-20.
- 27.- Arafa Saleh. Influencia de la fuente de fotoactivación, y del espesor sobre las variaciones del color y translucidez de nuevos composites [tesis doctoral]. Granada: Universidad de Granada, facultad de Ciencias, departamento de Optica; 2006.
- 28.- Reviejo Fragua M. Eficacia de Polimerización de una Moderna Lámpara Halógena a Través de la Cerámica. Universidad Complutense De Madrid: Departamento de Odontología Conservadora; 2002.

- 29.- Shawkat Es, Shortall Ac, Addison O, PalinWm. Oxygen Inhibition And Incremental Layer Bond Strengths Of Resin Composites. Dent Mater. 2009; 25 (11) :1338-46.
- 30.-Suh Bl. Oxygen-Inhibited Layer In Adhesion Dentistry. J Esthetrestor Dent. 2004;16(5):316-23.
- 31.-Rueggeberg FA, Dlugokinski M, Ergle JW. Minimizing Patients' Exposure To Uncured Components In A Dental Sealant. J Am Dent Assoc. 1999;130(12):1751-7.
- 32.-Papacchinia F, Dall'ocaa S, Chieffib N, Goraccic C, TranchesiSadekd F, Suhe B et al. Composite-to-Composite Microtensile Bond Strength in the Repair of a Microfilled Hybrid Resin: Effect of Surface Treatment and Oxygen Inhibition. J Adhes Dent. 2007; 9(1):25-31.
- 33.-Farid S. Tensile Bond Strength Of Immediately Repaired Anterior Microfine Hybrid Restorative Composite Using Nontrimmed Hourglass Specimens. J Adhesdent 2009; 11(1): 41-47.
- 34.- Caballero Capristan G. solución viscosa de glicerina y su influencia en la adhesión y microfiltración de resina. Lima: USMP Facultad odontología; 2003.
35. Herrera Francia AM, Efecto de la glicerina como demulcente en la reducción de manifestaciones bucales en pescadores artesanales de cerro azul después de faenas marítimas.Lima: USMP facultad odontología;2004.
- 36.-Komurcuoglu E, Olmez S, Vural N. Evaluation Of Residual Monomer Elimination Methods In Three Different Fissure Sealants In Vitro. Journal Of Oral Rehabilitation. 2005;32: 116-121.

## ANEXOS



## ANEXO 1

### MATRIZ DE CONSISTENCIA

Título	Efecto de la glicerina gel en la formación de la capa inhibida de oxígeno superficial en las resinas compuestas
Formulación del problema general	¿Cuál será el efecto de la glicerina gel en la presencia de la capa inhibida de oxígeno en las resinas compuestas?
Objetivo General	Determinar el efecto de la glicerina gel en la presencia de la capa inhibida de oxígeno superficial de las resinas compuestas
Objetivo específico 1	-Determinar la presencia de la capa inhibida de oxígeno superficial en las resinas compuestas sin el uso de glicerina gel.
Objetivo específico 2	Determinar la presencia de la capa inhibida de oxígeno superficial en las resinas compuestas utilizando glicerina gel.
Objetivo específico 3	Comparar la presencia de la capa inhibida de oxígeno superficial en las resinas compuestas con y sin uso de glicerina gel.
Formulación de hipótesis	La glicerina gel reduce la capa superficial inhibida de oxígeno en las resinas compuestas
Variable independiente	Aplicación de glicerina
Variable dependiente	Reducción de la capa inhibida de oxígeno

**ANEXO 2**

**FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

**EFFECTO DE LA GLICERINA GEL EN LA FORMACION DE LA CAPA INHIBIDA DE OXIGENO SUPERFICIAL EN LAS RESINAS COMPUESTAS**

ESPECIMEN N° : .....		
<b>Propósito:</b> Cuantificar la reducción de la capa inhibida de oxígeno formada en la superficie de las resinas compuestas		
	<b>SI</b>	<b>NO</b>
APLICACIÓN DE GLICERINA GEL		
CROMATOGRAMA ( gráfico de picos )		
VALORES DE CONCENTRACION (ppm)	<b>BisGMA</b>	<b>TEGDMA</b>
OBSERVACIONES		

Fecha: .....

INVESTIGADORA:  
AGUILAR MOLLO, MELISSA ANALY.

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

FACULTAD DE CIENCIAS

**LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y  
CERTIFICACIONES**

Av. Túpac Amaru 210 Rímac Teléfono: 481-1070 Anexo 316 Telefax: 382-0500 - Lima - Perú

**CONSTANCIA**

La **FACULTAD CIENCIAS** de la **UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
Deja constancia que:

La señorita Bachiller **MELISSA AGUILAR MOLLO**, de Facultad de Odontología de la Universidad de San Martín Porres, realizó el trabajo de campo de su tema de investigación titulado "EFECTO DE LA GLICERINA GEL EN LA FORMACIÓN DE LA CAPA INHIBIDA DE OXÍGENO SUPERFICIAL EN LAS RESINAS COMPUESTAS" en el Laboratorio de Investigación y Certificaciones - LABICER (Laboratorio N° 12) de la Facultad de Ciencias, para el cual solicitó el equipo de CROMATOGRAFÍA LÍQUIDA DE ALTA PERFORMANCE (HPLC), cuyo trabajo de campo fue supervisado por la química **NADIA RODRIGUEZ HAMAMURA**.

Se expide la presente, a solicitud de la interesada para los bienes que estima pertinente.

Lima, 06 de Agosto de 2012



**M.Sc. Otilia Acha de la Cruz**  
Responsable del Laboratorio  
LABICER – FC – UNI  
CQP N° 202



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE CIENCIAS  
LABORATORIO N° 12  
ANÁLISIS QUIMICO, CONSULTORIA E INVESTIGACION

**INFORME TÉCNICO N° 0671 – 12 – LAB. 12**

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : MELISSA AGUILAR MOLLO
2. **FECHA DE EMISION** : 06/08/2012
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** : ANÁLISIS DE TEGDMA Y BisGMA EN RESINA
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA**
  - 4.1 IDENTIFICACION DE LAS MUESTRAS : 20 MUESTRAS DE RESINA
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : LABORATORIO N°12 - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura: 25 °C; Humedad relativa: 65%
7. **MÉTODO UTILIZADO** : Cromatografía Líquida de Alta Eficacia (HPLC)
8. **EQUIPO UTILIZADO** : HPLC Prominence con detector DAD de SHIMADZU
9. **CONDICIONES CROMATOGRÁFICAS**
  - Columna HPLC: C18 (150mmx 4.6mm ID x 5um)
  - Fase móvil: [Acetonitrilo:Agua], 80:20
  - Flujo: 0.8mL/min
  - Detector: DAD
  - Longitud de onda: 208nm
  - Horno de columna: Temperatura ambiente
  - Volumen de inyección: 20uL
  - Tiempo de corrida: 6 /10minutos

10. **RESULTADOS**

TABLA N°1. Datos de calibración para la determinación de la concentración del TEGDMA - 419 - 95%

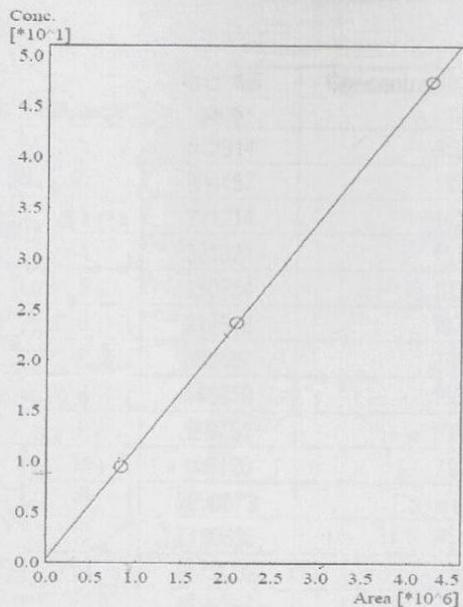
ANALITO	Área del pico	Concentración del estándar, ppm
Estándar 1	829660	9.50
Estándar 2	2100918	23.75
Estándar 3	4262408	47.50

TABLA N°2. Datos de calibración para la determinación de la concentración del BisGMA - gel. 100%

ANALITO	Área del pico	Concentración del estándar, ppm
Estándar 1	940065	10.043
Estándar 2	2401293	25.108
Estándar 3	4946959	50.215

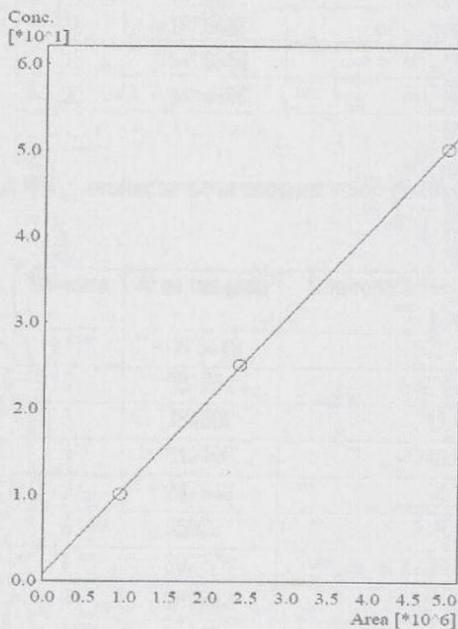


GRÁFICA N°1. Curva de calibración del TEGDMA



**Ecuación de la gráfica:**  
 $\text{Área} = 1.10611 \times 10^{-5}(\text{Conc}) + 0.395856$   
 $r^2 = 0.9999722$

GRÁFICA N°2. Curva de calibración del BisGMA



**Ecuación de la gráfica:**  
 $\text{Área} = 1.00075 \times 10^{-5}(\text{Conc}) + 0.806738$   
 $r^2 = 0.9998642$



TABLA N°3. Resultados de la concentración de TEGDMA en el extracto

Muestra	Área del pico	Concentración de la dilución, ppm	Concentración del extracto, ppm
1	612914	358.768	17938.4
2	204457	132.869	6643.45
3	221214	142.136	7106.8
4	321821	197.778	9888.9
5	150754	103.168	5158.4
6	212518	137.327	6866.35
7	380587	230.279	11513.95
8	146619	100.881	5044.05
9	159731	108.133	5406.65
10	108120	79.589	3979.45
11	2950573	-	33.032
12	2160536	-	24.294
13	2572082	-	28.846
14	4580766	-	51.064
15	3663482	-	40.918
16	1266905	-	14.409
17	4488293	-	50.041
18	1875497	-	21.141
19	8473554	-	94.123
20	3484686	-	38.94

TABLA N°4. Resultados de la concentración de BisGMA en el extracto

Muestra	Área del pico	Concentración de la dilución, ppm	Concentración del extracto, ppm
1	1275449	678.539	33926.95
2	381261	231.11	11555.5
3	384802	232.882	11644.1
4	612190	346.661	17333.05
5	247549	164.204	8210.2
6	358097	219.519	10975.95
7	392776	236.872	11843.6
8	282282	181.584	9079.2
9	334421	207.673	10383.65
10	167435	124.117	6205.85
11	5777702	-	58.627
12	6051924	-	61.371
13	6154219	-	62.395
14	10663422	-	107.521
15	8513540	-	86.006



16	3249434	-	33.325
17	10740645	-	108.294
18	4318676	-	44.026
19	19954578	-	200.502
20	8057136	-	81.438

**11. VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO**

El Informe técnico es válido solo para la muestra y las condiciones indicadas en los ítems del uno (1) al cuatro (4) del presente informe técnico.



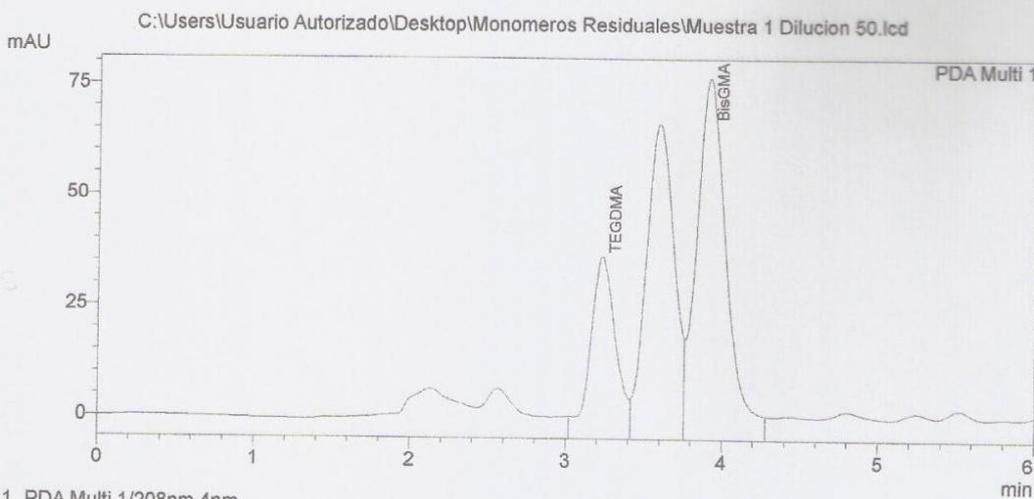
M<sup>te</sup>. Sc. Otilia Acha de la Cruz  
Responsable del análisis  
CQP N° 202

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.

# ==== Shimadzu LCsolution Analysis Report ====

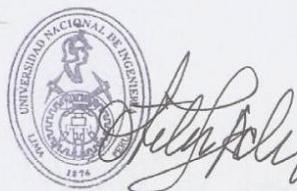
C:\Users\Usuario Autorizado\Desktop\Monomeros Residuales\Muestra 1 Dilucion 50.lcd  
 Acquired by : Admin  
 Sample Name : Muestra 1  
 Sample ID : Muestra 1  
 Tray# : 1  
 Vail # : 6  
 Injection Volume : 20 uL  
 Data File Name : Muestra 1 Dilucion 50.lcd  
 Method File Name : Monomeros Residuales.lcm  
 Batch File Name : Tabla de Batch.lcb  
 Report File Name : Reporte Plantilla.lcr  
 Data Acquired : 30/07/2012 05:36:52 p.m.  
 Data Processed : 01/08/2012 02:45:22 p.m.

## <Chromatogram>



### Quantitative Results

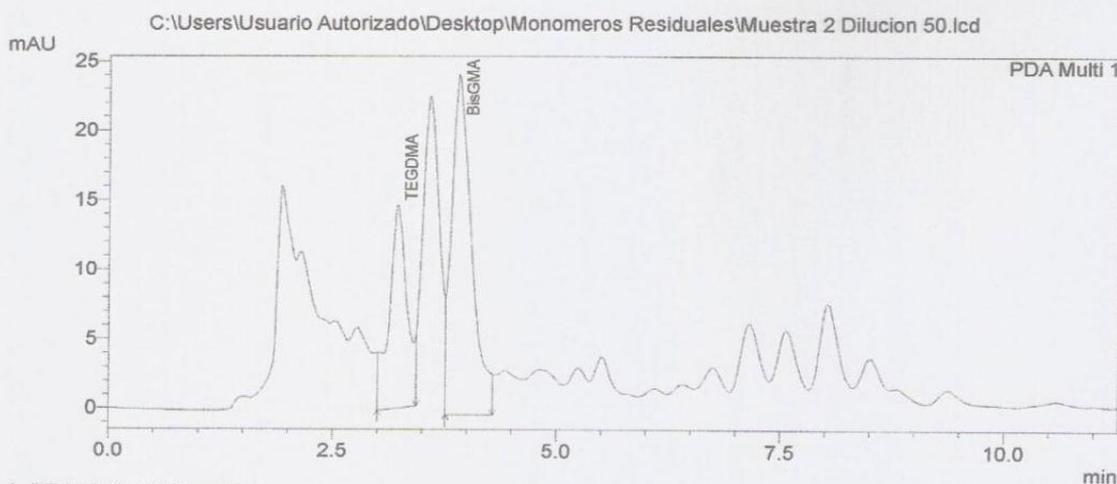
PDA					
ID#	Name	Ret. Time	Area	Height	Conc.
1	TEGDMA	3.223	612914	47117	358.768
2	BisGMA	3.904	1275449	87333	678.539



## ==== Shimadzu LCsolution Analysis Report ====

C:\Users\Usuario Autorizado\Desktop\Monomeros Residuales\Muestra 2 Dilucion 50.lcd  
 Acquired by : Admin  
 Sample Name : Muestra 2  
 Sample ID : Muestra 2  
 Tray# : 1  
 Vial # : 7  
 Injection Volume : 20 uL  
 Data File Name : Muestra 2 Dilucion 50.lcd  
 Method File Name : Monomeros Residuales.lcm  
 Batch File Name : Tabla de Batch.lcb  
 Report File Name : Reporte Plantilla.lcr  
 Data Acquired : 30/07/2012 05:53:01 p.m.  
 Data Processed : 01/08/2012 02:47:57 p.m.

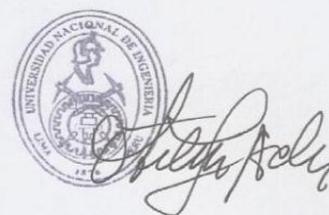
### <Chromatogram>



1 PDA Multi 1/208nm 4nm

#### Quantitative Results

PDA					
ID#	Name	Ret. Time	Area	Height	Conc.
1	TEGDMA	3.216	204457	14586	132.869
2	BisGMA	3.898	381261	24481	231.110

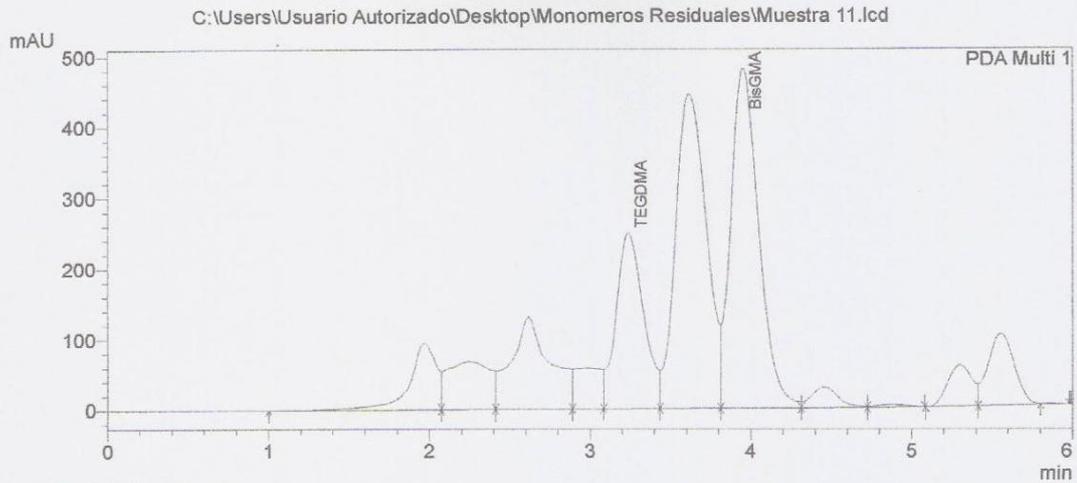


C:\Users\Usuario Autorizado\Desktop\Monomeros Residuales\Muestra 2 Dilucion

==== Shimadzu LcSolution Analysis Report ====

C:\Users\Usuario Autorizado\Desktop\Monomeros Residuales\Muestra 11.lcd  
Acquired by : Admin  
Sample Name : Muestra 11  
Sample ID : Muestra 11  
Tray# : 1  
Vail # : 1  
Injection Volume : 20 uL  
Data File Name : Muestra 11.lcd  
Method File Name : Monomeros Residuales.lcm  
Batch File Name : Tabla de Batch.lcb  
Report File Name : Reporte Plantilla.lcr  
Data Acquired : 31/07/2012 04:11:41 p.m.  
Data Processed : 01/08/2012 02:49:59 p.m.

<Chromatogram>



1 PDA Multi 1/208nm 4nm

Quantitative Results

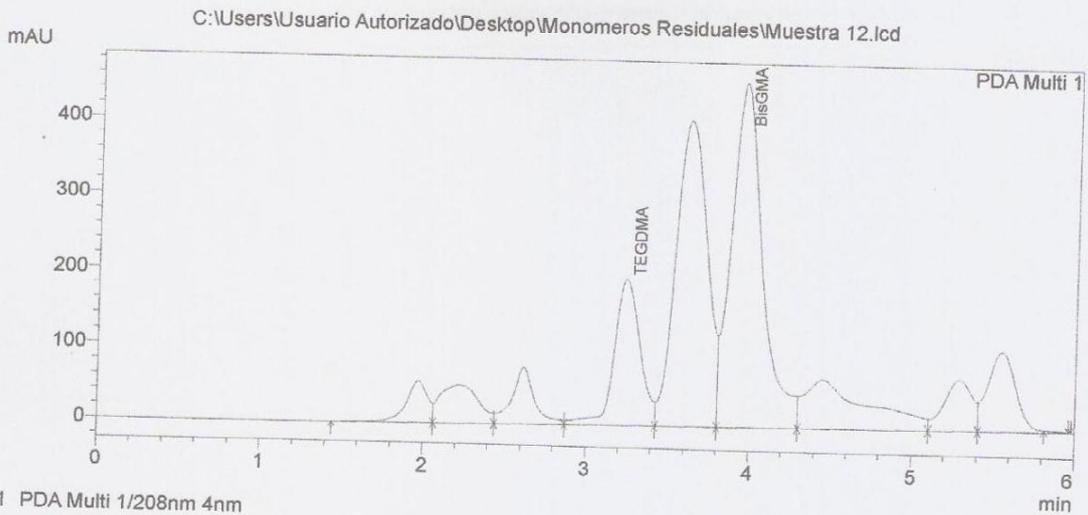
ID#	Name	Ret. Time	Area	Height	Conc.
1	TEGDMA	3.236	2950573	248292	33.032
2	BisGMA	3.949	5777702	479843	58.627



# ==== Shimadzu LCsolution Analysis Report ====

C:\Users\Usuario Autorizado\Desktop\Monomeros Residuales\Muestra 12.lcd  
 Acquired by : Admin  
 Sample Name : Muestra 12  
 Sample ID : Muestra 12  
 Tray# : 1  
 Vail # : 2  
 Injection Volume : 20 uL  
 Data File Name : Muestra 12.lcd  
 Method File Name : Monomeros Residuales.lcm  
 Batch File Name : Tabla de Batch.lcb  
 Report File Name : Reporte Plantilla.lcr  
 Data Acquired : 31/07/2012 04:31:58 p.m.  
 Data Processed : 01/08/2012 02:50:09 p.m.

## <Chromatogram>



### Quantitative Results

ID#	Name	Ret. Time	Area	Height	Conc.
1	TEGDMA	3.234	2160536	194088	24.294
2	BisGMA	3.944	6051924	455737	61.371



## ANEXO 5

## FOTOGRAFIAS DEL TRABAJO DE CAMPO

FOTO 1: Preparacion de la fase mobil (acetonitrilo y agua ultra pura)



FOTO 2: Toma de medida del estandar con la micropipeta



FOTO 3: Preparación del estándar



FOTO 4: Equipo HPLC



FOTO 5: Mesa de trabajo del grupo control



FOTO 6: aplicación de resina compuesta del grupo control



FOTO 7: fotocurado de la resina compuesta

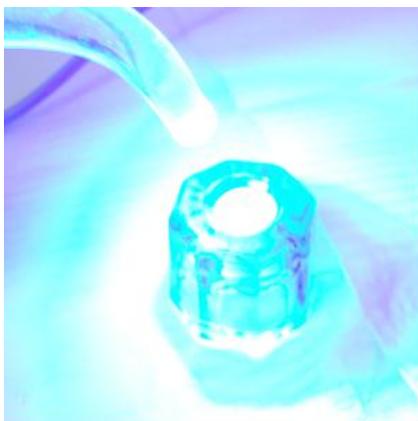


FOTO 8: traspase de la lamina de resina al tubo de ensayo



FOTO 9: disco de resina en el tubo de ensayo



FOTO 10: aplicación cuantitativa de metanol a la muestra.



FOTO 11: extracto obtenido después de 5 min de la aplicación de metanol



FOTO 12: extractos del grupo control



FOTO 13: mesa de trabajo para el llevado a los viales



FOTO 14: proceso de filtrado del extracto y llenado al vial.



FOTO 15: rotulación del vial



FOTO 16: mesa de trabajo del grupo experimental.



FOTO 17: fotocurado de la primera muestra del grupo experimental



FOTO 18: aplicación de la glicerina gel en la superficie de la resina



FOTO 19: fotocurado de la glicerina

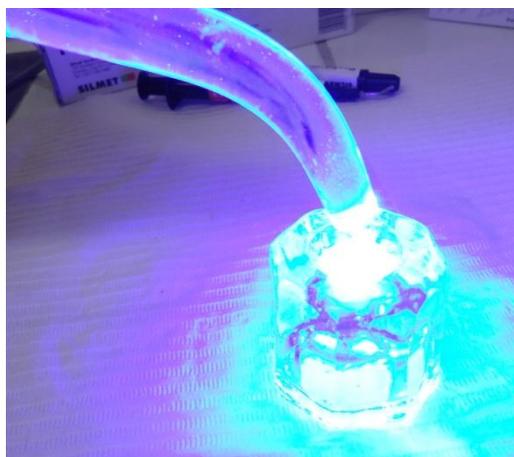


FOTO 20: tubo de ensayo conteniendo la muestra y el extracto



FOTO 21: extracto obtenido de la muestra después de los 5 min.



FOTO 22: extractos del grupo experimental

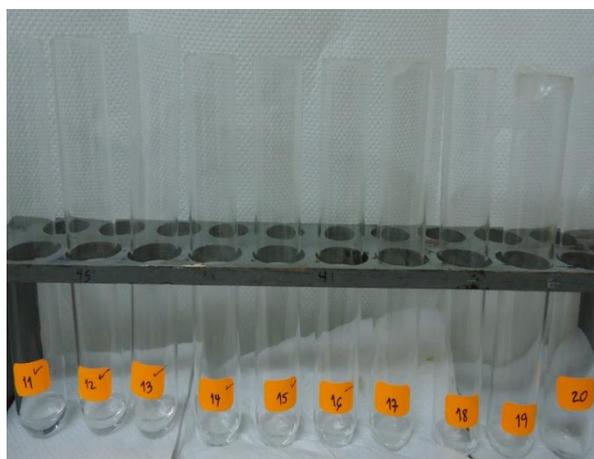


FOTO 23: porta vial del equipo





