



Universidad Nacional
SAN LUIS GONZAGA



[Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0)

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial, siempre y cuando den crédito y licencia a nuevas creaciones bajo los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0>

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
Facultad de Odontología



Absorción y solubilidad de tres tipos de materiales restauradores
almacenados en dos soluciones por tiempos diferentes

Línea de investigación:
Salud pública y conservación del medio ambiente

Informe final de tesis

MÁRQUEZ LÉVANO MARÍA ESTELA

Ica, Perú

2021

DEDICATORIA

Primeramente a Dios que siempre obra en mi vida haciéndome mejor persona, guiando mis pasos y además me ha permitido conocer a las personas adecuadas como ayuda para crecer en mi vida profesional y así aportar con un grano de arena a la sociedad.

También a mis padres que me incentivaron en todo momento y me dieron las fuerzas necesarias para avanzar, más en estas circunstancias de la vida y que afecta a todo el mundo, ya que sin su apoyo no habría sido posible lograr mi meta. Los amo con todo mí ser, gracias por su paciencia y amor incondicional.

Finalmente a mis hermanos que fueron mi apoyo constante y comprendieron mis ausencias debido a la realización de esta investigación, gracias por ser amables y pacientes conmigo, los quiero.

AGRADECIMIENTO

Esta tesis fue realizada con mucho esfuerzo y dedicación, el cual agradezco a todas las personas que con su ayuda y consejos hicieron posible la culminación de esta investigación.

A la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga” – U.N.S.L.G., por la oportunidad de realizar un posgrado; llevaré el nombre de esta institución con orgullo.

A la Dra. Rosario Huamán por sus consejos, asesorías y enseñanzas; por la confianza brindada en los momentos difíciles que se presentaron en el camino y poder culminar este estudio.

Al Dr. César Pomacóndor Docente Investigador de la Universidad Privada Juan Pablo II por facilitar el uso de las instalaciones y equipos de dicha casa de estudios, y compartir sus conocimientos y experiencias; muchas gracias por su orientación y apoyo constante para la ejecución de esta investigación. También a la Dra. Karen Pintado por su valioso tiempo brindado para verificar que todo se desarrolle conforme a las normas del laboratorio y así poder culminar este estudio.

Por último, a aquellas personas que con sus consejos fueron el incentivo para la realización este estudio experimental, agradezco su insistencia y confianza.

Muchas gracias a todos.

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS Y GRÁFICOS	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN	9
II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA	12
2.1 Muestra y conformación de los grupos	12
2.1.1 Muestra.....	12
2.1.2 Procedimiento para establecer los grupos	13
2.2 Diseño de investigación	14
2.3 Instrumentos de recolección de datos	14
2.4 Elaboración de las muestras de estudio.....	14
2.5 Método para obtener la absorción y solubilidad	15
III. RESULTADOS	19
IV. DISCUSIÓN	35
V. CONCLUSIONES	41
VI. RECOMENDACIONES	43
VII. REFERENCIAS BIBIOGRÁFICAS	44
VIII. ANEXOS	48

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Descripción de los materiales utilizados, tipo de material, composición y fabricante.....	13
Tabla 2. Absorción de los tres tipos de materiales restauradores.....	20
Tabla 3. Solubilidad de los tres tipos de materiales restauradores.....	21
Tabla 4. Absorción de agua por 7 días.....	23
Tabla 5. Solubilidad en agua por 7 días.....	24
Tabla 6. Absorción de agua por 30 días.....	26
Tabla 7. Solubilidad en agua por 30 días.....	27
Tabla 8. Absorción de bebida gaseosa por 7 días.....	29
Tabla 9. Solubilidad en bebida gaseosa por 7 días.....	30
Tabla 10. Absorción en bebida gaseosa por 30 días.....	32
Tabla 11. Solubilidad en bebida gaseosa por 30 días.....	33
Tabla 12. Prueba estadística de Shapiro-Wilk para absorción de agua por 7 días.....	51
Tabla 13 Prueba estadística de Shapiro-Wilk para absorción de agua por 30 días....	51
Tabla 14. Prueba estadística de Shapiro-Wilk para solubilidad en agua por 7 días...	51
Tabla 15. Prueba estadística de Shapiro-Wilk para solubilidad en agua por 30 días..	51
Tabla 16. Prueba estadística de Shapiro-Wilk para absorción de bebida gaseosa por 7 días.....	52
Tabla 17. Prueba estadística de Shapiro-Wilk para absorción de bebida gaseosa por 30 días.....	52
Tabla 18. Prueba estadística de Shapiro-Wilk para solubilidad en bebida gaseosa por 7 días.....	52
Tabla 19. Prueba estadística de Shapiro-Wilk para solubilidad en bebida gaseosa por 30 días.....	52

ÍNDICE DE FIGURAS Y GRÁFICOS

	Pag.
Figura 1. Dimensiones de los materiales en forma de disco.....	12
Figura 2. Distribución de los grupos de resina compuesta, cemento ionómero de vidrio modificado con resina y alcasite.....	13
Figura 3. Materiales de estudio.....	14
Figura 4. Elaboración de las muestras de cada material en forma de discos.....	15
Figura 5. Almacenamiento de los Eppendorf rotulados con los espécimenes en la estufa.....	16
Figura 6. Peso de cada disco en la balanza analítica y colocación de las soluciones con una pipeta.....	17
Gráfico 1. Medias marginales estimadas de la absorción de los tres tipos de materiales restauradores.....	20
Gráfico 2. Medias marginales estimadas de la solubilidad de los tres tipos de materiales restauradores.....	22
Gráfico 3. Diagrama de cajas y bigotes de la absorción de agua por 7 días.....	23
Gráfico 4. Diagrama de cajas y bigotes de solubilidad en agua por 7 días.....	25
Gráfico 5. Diagrama de cajas y bigotes de absorción de agua por 30 días.....	26
Gráfico 6. Diagrama de cajas y bigotes de solubilidad en agua por 30 días.....	28
Gráfico 7. Diagrama de cajas y bigotes de absorción de bebida gaseosa por 7 días.....	29
Gráfico 8. Diagrama de cajas y bigotes de solubilidad en bebida gaseosa por 7 días.....	31
Gráfico 9. Diagrama de cajas y bigotes de absorción en bebida gaseosa por 30 días.....	32
Gráfico 10. Diagrama de cajas y bigotes de solubilidad en bebida gaseosa por 30 días.....	34

RESUMEN

Objetivo. Determinar la absorción y solubilidad de tres tipos de materiales restauradores almacenados en dos soluciones (agua y bebida gaseosa) por tiempos diferentes. **Métodos.** En este estudio in vitro, se prepararon 12 muestras en forma de disco (6.0 mm de diámetro; 1.0 mm de espesor). Para la absorción y solubilidad se utilizaron tres materiales restauradores que son una resina compuesta (RC), un cemento ionómero de vidrio modificado con resina (IV) y un alkasite (ALK); se evaluaron a los 7 y 30 días de almacenamiento en agua destilada y bebida gaseosa. Para el análisis estadístico de los valores de absorción y solubilidad se analizaron mediante la prueba de ANOVA tres factores/de un factor, Kruskal Wallis y la prueba post-hoc de Tukey HSD y T2 Tamhane ($p < 0.05$). **Resultados.** Se encontró diferencias significativas para la absorción y para la solubilidad entre los grupos. El alkasite (ALK) obtuvo el valor más bajo de absorción, mientras que la resina compuesta obtuvo el valor más bajo de solubilidad en ambas soluciones a los 7 días de almacenamiento; y a los 30 días de almacenamiento el alkasite (ALK) obtuvo el valor más bajo de absorción y solubilidad. **Conclusión.** Tras 30 días de almacenamiento, el alkasite y la resina compuesta presentaron menor absorción y solubilidad comparado con el cemento ionómero de vidrio modificado con resina.

Palabras clave: Absorción Físicoquímica, solubilidad, propiedades físicas y químicas, resinas compuestas, cementos de ionómero vítreo.

ABSTRACT

Objective. To determine the sorption and solubility of three types of restorative materials stored in two solutions (water and gaseous beverage) for different times. **Methods.** In this in vitro study, 12 disc-shaped specimens (6.0 mm diameter; 1.0 mm thick) were prepared. Three restorative materials, a composite resin (RC), a resin-modified glass ionomer cement (IV) and an alkasite (ALK), were used for sorption and solubility; they were evaluated after 7 and 30 days of storage in distilled water and gaseous beverage. For statistical analysis of the sorption and solubility values, they were analyzed by three-factor/one-factor ANOVA, Kruskal Wallis and Tukey HSD and Tamhane T2 post-hoc test ($p < 0.05$). **Results.** Significant differences were found for sorption and solubility between the groups. The alkasite (ALK) obtained the lowest sorption value, while the composite resin obtained the lowest solubility value in both solutions at 7 days of storage; and at 30 days of storage the alkasite (ALK) obtained the lowest sorption and solubility value. **Conclusion.** After 30 days of storage, alkasite and composite resin showed lower sorption and solubility compared to resin-modified glass ionomer cement.

Keywords: Absorption, Physicochemical; solubility, physical and chemical properties, composite resins, glass ionomer cements.

I. INTRODUCCIÓN

Los materiales restauradores en Odontología son diversos y han sido ampliamente utilizados a través de los años e introducidos al mercado odontológico en distintas épocas, siempre en busca de mejoras en sus propiedades. La finalidad de los materiales restauradores es esencialmente reemplazar tejido dental perdido por diferentes causas como la caries o traumatismos dentales para de esa manera restituir la forma, función y estética de la pieza afectada ^{1,2}. Entre los materiales restauradores están la resina compuesta, cemento de ionómero de vidrio convencional y modificado con resina, alcasite entre otros. Cada uno de estos materiales presenta diferentes propiedades fisicoquímicas y mecánicas, que son necesarias para comportarse de manera adecuada y duradera en el medio oral ³.

La resina compuesta es uno de los materiales restauradores que más experimentos, combinaciones y usos ha tenido a lo largo del tiempo en el área de odontología, y su desarrollo fue gracias al Dr. Rafael L. Bowen que por los años 60 desarrolló una molécula orgánica polimérica llamada Bis-GMA (bisfenol A glicidil metacrilato) ³. Desde su aparición, con el tiempo se desarrollaron otros monómeros como el UDMA (dimetacrilato de uretano), el TEGDMA (dimetacrilato de trietilenglicol) que le da una baja viscosidad y mayor dureza en combinación con Bis-GMA ⁴ pero aumenta la contracción por polimerización, absorción de agua y baja resistencia a la flexión ⁵; entre otros monómeros. La resina compuesta está formada principalmente por matriz orgánica, partículas de relleno inorgánico y agentes de conexión ¹, y de acuerdo a su naturaleza química se comportan de manera distinta. Las resinas compuestas se clasifican según el tamaño de sus partículas de relleno, macrorelleno, Microrelleno, híbrido, relleno medio, microhíbrido, nanohíbrido y de Nanorelleno ⁶.

Los cementos ionómero de vidrio es otro de los materiales restauradores más usados, sobre todo en el ámbito de Odontopediatría. Desde su aparición han evolucionado y desarrollado modificaciones en su composición para mejora de sus propiedades ofreciendo una gama de opciones. Los materiales ionoméricos modificados con resina se introdujeron en 1991 y fueron desarrollados con la finalidad de mejorar sus propiedades, presentan los mismos componentes que los ionómeros de vidrio convencionales (polvo de vidrio básico, agua, poliácido) pero también contienen un monómero de resina hidrófila HEMA (2-hidroxiethyl metacrilato) y un sistema iniciador para el fraguado por luz ⁷, lo que le podría dar mejores propiedades incluyendo una menor solubilidad en los primeros días.

Así mismo, el alcasite un nuevo material restaurador que promete buenas propiedades mecánicas como la de la amalgama dental. Este novedoso material, que al igual a los cementos de ionómero de vidrio modificado con resina, libera flúor y es relativamente estético presentando también activación dual para su polimerización. Está compuesto por monómeros dimetacrilatos, iniciadores, rellenos de vidrio y pigmentos; y su parte orgánica se basa principalmente por UDMA y otros monómeros como el DCP, UDMA alifático aromático y PEG-400 DMA, que interaccionan brindando al material mejores propiedades mecánicas y buena estabilidad a largo plazo ⁸.

Es fundamental conocer las propiedades de los materiales restauradores, pues permite al odontólogo elegir de manera apropiada el material ideal para cada caso; ya que nos podría predecir su comportamiento en el medio oral. Estudios anteriores han evidenciado que un material restaurador a base de polímeros está expuesto a diferentes efectos que pueden influir en las propiedades mecánicas, estabilidad dimensional y de biocompatibilidad del material ⁹. Debido a que las redes de polímeros formados en los materiales restauradores están compuestos típicamente por mono o dimetacrilatos, y otras hechas de poli (ácido acrílico) y sus copolímeros; la estructura y la química de esta red polimérica podría determinar hasta qué punto el material polimerizado puede ser afectado en un medio acuoso; así mismo, las partículas de relleno que pueden influir de manera importante en las propiedades del material ⁹.

Como se sabe, los materiales enfrentan determinadas situaciones en el medio oral por lo que se espera que los tratamientos restauradores presenten la mayor durabilidad posible, pero el agua es el solvente universal, que dependiendo del tiempo y la cantidad disuelve casi todo compuesto, orgánico o inorgánico ³. Dentro de las propiedades químicas, la absorción y la solubilidad pueden ser el inicio para producir una variedad de procesos químicos y físicos que serían perjudiciales al material polimérico ^{9,10}. La solubilidad de los materiales restauradores es una parte importante a considerar, ya que influye en su integridad y biocompatibilidad al disolverse ^{9, 11,12}. Así mismo, la absorción de agua es un proceso de difusión controlada a través de la matriz orgánica del material ¹⁰, que también afecta al material restaurador produciendo rupturas entre la matriz y el relleno ocasionando expansión del material, así como la reducción de sus propiedades mecánicas ¹². Aunque según estudios existiría una correlación entre la expansión del material con la absorción de agua, el cual podría ser beneficiosa al reducir la brecha entre el material y el diente ¹³, y aliviar parcialmente el estrés por contracción; pero sus valores depende del material ¹⁴. Por lo tanto, la absorción y solubilidad que sufren los materiales restauradores provocan cambios que acortan su vida útil y en consecuencia propician en cierta medida el fracaso del tratamiento.

En la cavidad oral los materiales restauradores no sólo están en contacto con la saliva sino también con otras soluciones o líquidos de consumo habitual en la alimentación como agua, café, té, jugos industrializados, bebidas gasificadas, entre otros. Estos líquidos presentan diferente temperatura, pH y pigmentos, los cuales pueden influir en la velocidad del deterioro de la restauración. Por lo tanto, el consumo frecuente de cualquier líquido puede dañar el material restaurador afectando negativamente sus propiedades y reduciendo su longevidad ¹⁵. Es decir, los cambios que puedan generar la absorción de estas soluciones podrían definir la durabilidad de las restauraciones dentales ya que en el medio oral estos procesos afectan la calidad y longevidad de la restauración ¹². Investigaciones anteriores han evidenciado que la distinta composición de las diferentes resinas compuestas presenta diferencias en la absorción de agua entre los materiales ¹⁶, como también en la solubilidad ^{16,17}. Lo mismo sucede en otros tipos de materiales, estudios encontraron diferencias en la absorción de agua ^{18, 19,20}, como en la solubilidad ^{19,20}. En ese sentido, el contenido orgánico/inorgánico de los materiales juega un papel importante sobre sus propiedades.

Debido a los cambios que genera este fenómeno de absorción y solubilidad al contacto frecuente de diferentes soluciones de consumo habitual y que dañan la estructura del material causando preocupación sobre los efectos que esto pueda ocasionar; fue propósito de este estudio determinar la absorción y solubilidad de tres tipos de materiales restauradores almacenados en dos soluciones por tiempos diferentes, ya que nos podría predecir la longevidad de estas restauraciones. Además, conocer mejor estas propiedades fisicoquímicas ayudaría al profesional odontólogo a complementar su decisión al momento de elegir un material restaurador definitivo; es decir, para que un material funcione requiere que todas sus propiedades sean igualmente efectivas; beneficiando así a los pacientes que esperan de sus tratamientos con el tiempo, un bienestar. Por eso, la importancia de este estudio para que el odontólogo pueda esperar de sus restauraciones un aspecto positivo, minimizando las consecuencias que conllevan este fenómeno.

Por lo tanto, en esta investigación en el capítulo de la metodología se describe cómo se conformaron los grupos y los materiales que se utilizaron; detallando los pasos como se elaboraron las muestras y los procedimientos para obtener los valores de absorción y solubilidad. En el capítulo de los resultados se explica los análisis estadísticos que se utilizaron para determinar la prueba paramétrica o la prueba no paramétrica, además se muestran las tablas y gráficos de las pruebas estadísticas realizadas. En el capítulo de la discusión se hacen las comparaciones e interpretaciones de los resultados obtenidos, que deben tomarse con cautela debido a que es un estudio in vitro. Finalmente se realizan las conclusiones de acuerdo a los objetivos de esta investigación y las recomendaciones sugeridas.

II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

2.1 Muestra y conformación de los grupos

2.1.1 Muestra

Para el experimento se utilizaron tres materiales restauradores (Tabla 1) que son una resina compuesta (RC), cemento ionómero de vidrio modificado con resina (IV) y alkasite (ALK); de cada material se confeccionaron 12 muestras en forma de disco de 6.0 mm de diámetro y 1.0 mm de espesor (Fig. 1), y fueron divididos según la solución de almacenamiento: agua destilada y bebida gaseosa (n=6).

El número de muestras necesarias para el estudio se estableció con las revisiones de investigaciones anteriores ^{15, 16,18}; tomando en cuenta lo propuesto en la norma ISO 4049:2009 ²¹ que indica el número mínimo de muestras de 5.

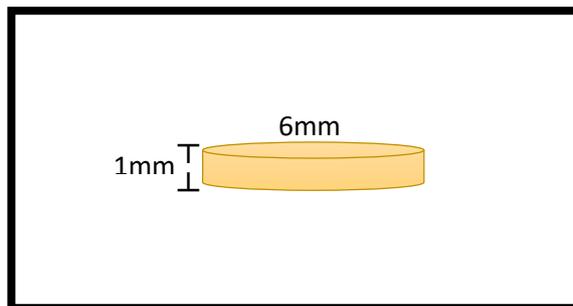


Figura 1. Dimensiones de las muestras en forma de disco

Tabla 1. Descripción de los materiales utilizados, tipo de material, composición y fabricante.

Materiales	Nombre de código	Tipo de material	Composición	Fabricante
Z350XT	RC	Resina compuesta	Bis-GMA, UDMA, TEGDMA, Bis-EMA, PEGDMA; sílice, zirconia (78,5% peso)	3M ESPE
Vitremer™	IV	Cemento ionómero de vidrio modificado con resina	Polvo: vidrio de fluoroaluminosilicato, persulfato de potasio Líquido: ácido polialquenoico modificado, HEMA, agua	3M ESPE
Cention® N	ALK	Alkasite (P/L)	Polvo: vidrio de fluorosilicato de calcio, vidrio de fluorurosilicato de bario y aluminio, isorelensos, trifluoruro de iterbio, iniciadores y pigmentos (78,4% peso) Líquido: UDMA, DCP, UDMA-alifático aromático, PEG-400 DMA, iniciadores	Ivoclar Vivadent

2.1.2 Procedimiento para establecer los grupos

Se utilizó tres materiales restauradores y dos soluciones de almacenamiento para el estudio (Fig. 2). Las muestras se codificaron como RC, IV, ALK y fueron rotulados y numerados cada muestra del 1 al 12. Luego fueron distribuidos de forma aleatoria para las soluciones de almacenamiento (agua destilada y bebida gaseosa). El cual el agua destilada fue conformada por números impares y la bebida gaseosa por números pares.

El agua destilada es un líquido que está compuesto por moléculas de H₂O, es un agua purificada que está libre de microorganismos y de minerales.

La Coca-Cola® es una bebida gasificada que está compuesto por agua carbonatada, azúcar, colorante: color caramelo SIN 150d, Acidulante: Ácido fosfórico SIN 338, saborizantes naturales y cafeína.

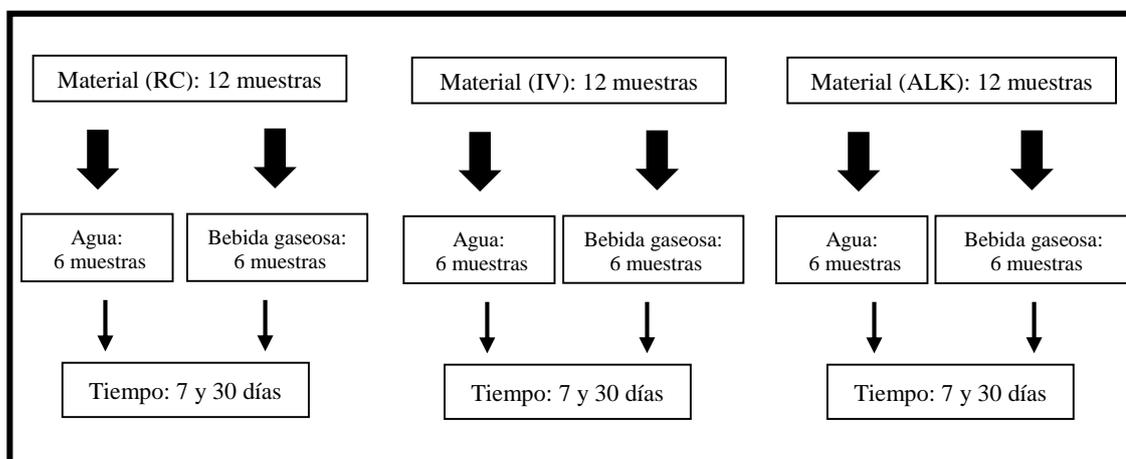


Figura 2. Distribución de los grupos de resina compuesta, cemento ionómero de vidrio modificado con resina y alkasite

2.2 Diseño de investigación

Es un estudio experimental in vitro, longitudinal y prospectivo, el cual los datos se obtuvieron conforme van sucediendo los hechos.

2.3 Instrumentos de recolección de datos

Para el propósito de este estudio el instrumento de medición que se utilizó fue la norma ISO 4049:2009 ²¹ con modificaciones en lo que respecta a las dimensiones de las muestras en forma de disco y al tiempo de fotoactivación.

Para pesar y medir las muestras se utilizaron una Balanza analítica con precisión de 0.0001 g y una regla Vernier digital. Después de obtener los datos al medir y pesar las muestras se anotaron en una ficha (Anexos 1 y 2) según corresponda para cada grupo en las soluciones de almacenamiento (agua destilada y bebida gaseosa), y luego se calcularon con las fórmulas establecidas por la ISO 4049 para absorción y solubilidad.

2.4 Elaboración de las muestras de estudio

Este estudio se realizó in vitro y fue desarrollado usando la infraestructura de la Universidad Privada Juan Pablo II en Lima – Perú, con la supervisión de un docente investigador experto en la materia de este estudio.

Se utilizaron para el estudio tres materiales (Fig. 3) que son una resina compuesta (RC), un cemento de ionómero de vidrio modificado con resina (IV) y un alkasite (ALK); cuyo nombre comercial es Z350XT - 3M ESPE en presentación de jeringa, Vitremer™- 3M ESPE en presentación polvo – líquido y Cention® N – Ivoclar Vivadent en presentación polvo – líquido, respectivamente. Cada uno de los materiales de estudio se usó y se preparó de acuerdo a las indicaciones del fabricante, en un ambiente controlado sin luz directa para que no pueda alterar la polimerización del material.

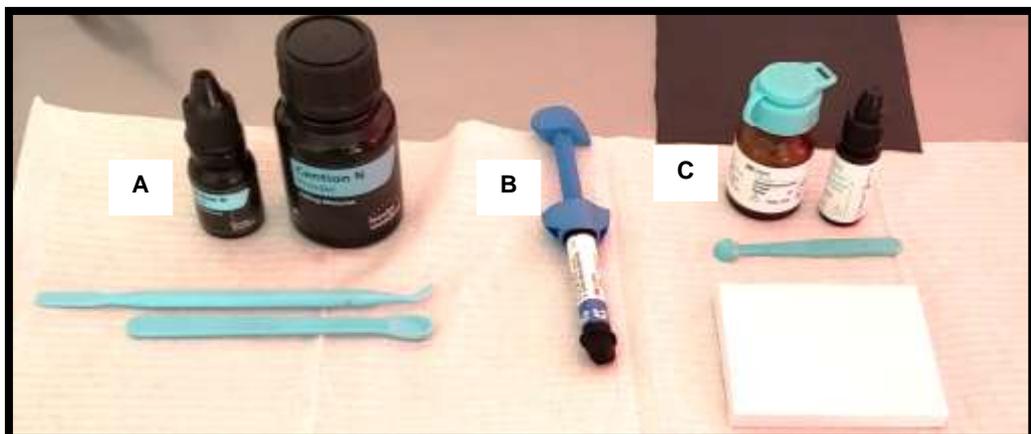


Figura 3. Materiales de estudio: A. Cention N – Ivoclar Vivadent, B. Z350XT - 3M ESPE y C. Vitremer™- 3M ESPE.

Los materiales se colocaron y se dispensaron directamente a un molde de acero inoxidable de 6.0 mm de diámetro y 1.0 mm de espesor el cual se confeccionó las muestras en forma de discos. Sobre una lámina portaobjeto se colocó una cinta matriz de celuloide y se asentó el molde metálico, luego se colocó una porción del material y se cubrió con otra cinta de matriz de celuloide por encima, y después se presionó manualmente con otra lámina portaobjeto (1.0 mm de espesor). Luego se fotoactivó con una lámpara LED (Bluephase N, Ivoclar Vivadent), con una irradiancia de 1160 mW/cm² por 20 segundos, apoyando la punta de la lámpara en la lámina portaobjeto (Fig. 4). Después de dicho procedimiento, cada muestra se removió del molde metálico con cuidado y sus bordes se regularizaron de forma leve con una lija de carburo de silicio de granulación 600 en seco.

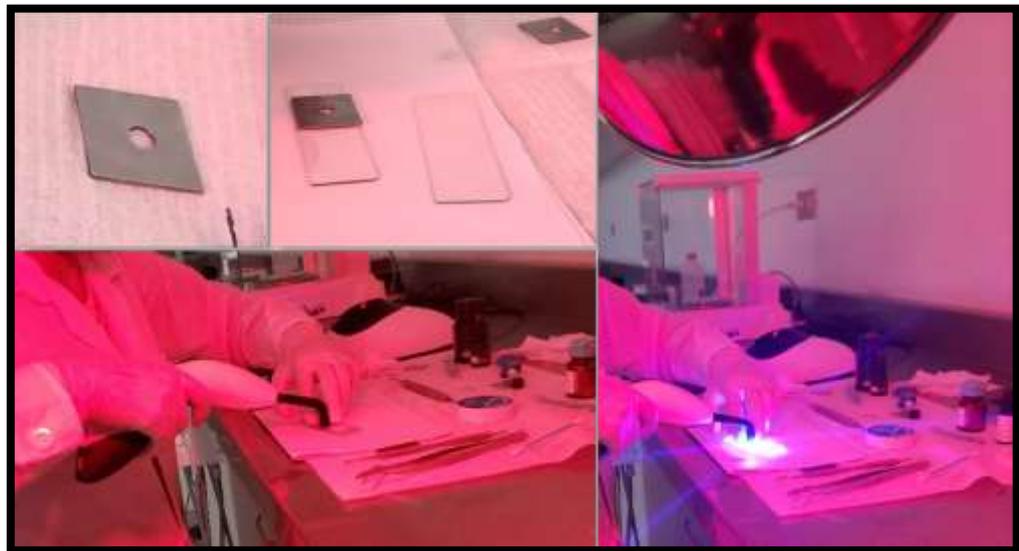


Figura 4. Elaboración de las muestras de cada material en forma de discos.

2.5 Método para obtener la absorción y solubilidad

Los procedimientos para obtener los valores de absorción y solubilidad se basaron en las especificaciones de la norma ISO 4049:2009 ²¹ con modificaciones en lo que respecta a las dimensiones de las muestras en forma de disco (6.0 mm de diámetro y 1.0 mm de espesor) y al tiempo de fotoactivación. Las medidas originales de los espécimenes de la norma ISO 4049 son de 15 mm de diámetro y 1.0 mm de espesor, y que posteriormente se le realiza múltiples fotoactivaciones. Sin embargo, en este estudio dicha indicación se modificó para evaluar las propiedades de estudio bajo condiciones clínicas con un tiempo de fotocurado diferente; pues investigaciones anteriores ^{16, 17,18} también han modificado la ISO 4049 respecto a las dimensiones de las muestras.

Además, la norma ISO 4049 considera un tiempo de 7 días para el estudio de los materiales de restauración a base de polímeros, por tal motivo se realizó dicha indicación y se evaluó un tiempo posterior de 30 días, pues investigaciones anteriores sugieren un mayor tiempo de almacenamiento.

Todas las muestras en forma de disco fueron preparadas en un molde de acero inoxidable de 6.0 mm de diámetro y 1.0 mm de espesor, luego colocadas individualmente en tubos tipo Eppendorf debidamente rotulados, y se almacenaron en un desecador conteniendo gel de sílice que fue colocado dentro de una estufa de secado a 37°C (Fig. 5). Cada muestra se pesó diariamente en una balanza analítica hasta obtener una masa constante que se llamó m_1 ; luego se halló el volumen de las muestras en mm^3 midiendo el diámetro y el espesor de cada espécimen con una regla Vernier digital.



Figura 5. Almacenamiento de los Eppendorf rotulados con las muestras en la estufa.

Inmediatamente después de obtener el volumen, cada muestra fue sumergida en el Eppendorf con 1.0 ml de agua destilada o 1.0 ml de bebida gaseosa (según el grupo asignado) con la ayuda de una pipeta y luego fueron almacenadas en la estufa de secado a 37°C durante 7 días (Fig. 6). Una vez pasado el tiempo establecido de almacenamiento, se retiraron las muestras de los Eppendorf y se lavaron en un vaso de precipitado con agua destilada, después se secaron en un papel toalla por 45 segundos y se agitaron levemente en el aire durante 15 segundos con ayuda de una pinza metálica; luego se pesaron nuevamente en la balanza analítica y se obtuvo una masa que se llamó m_2 .

Después de dicho procedimiento, se colocaron nuevamente las muestras en los tubos, y se almacenaron en la estufa de secado a 37°C para luego pesarlas nuevamente hasta obtener una masa constante que se llamó m_3 . Inmediatamente después se sumergieron las muestras en las soluciones y se colocaron en la estufa de secado para la evaluación correspondiente al periodo de 30 días, repitiéndose los procedimientos anteriores para obtener las masas m_2 y m_3 .



Figura 6. Peso de cada disco en la balanza analítica y colocación de las soluciones con una pipeta

Luego, obtenidas las masas para cada tiempo establecido (7 y 30 días), los valores de absorción y solubilidad se calcularon con las siguientes fórmulas, según corresponda:

$$\text{Absorción} \quad AB = (m_2 - m_3) / V \quad (\mu\text{g}/\text{mm}^3)$$

$$\text{Solubilidad} \quad SO = (m_1 - m_3) / V \quad (\mu\text{g}/\text{mm}^3)$$

Dónde:

m_1 es el peso registrado antes de la inmersión de los discos en agua, en microgramos (μg)

m_2 es el peso registrado después de la inmersión en agua, en microgramos (μg)

m_3 es el peso registrado después de la estabilización, en microgramos (μg)

V es el volumen de cada muestra en forma de disco, en milímetro cúbico (mm^3)

III. RESULTADOS

Para proceder con el análisis estadístico de absorción y solubilidad los valores se anotaron y se calcularon en hojas de cálculo de Excel y después fueron analizados utilizando el programa estadístico IBM SPSS Statistics 23. Los grupos se sometieron a la prueba estadística de Shapiro-Wilk para la distribución de los datos y el test de Levene para la homogeneidad de varianza; se pudo determinar que la distribución de los grupos es igual a la distribución normal por lo que se pudo realizar pruebas paramétricas y en los grupos que no presentaron distribución normal se utilizó pruebas no paramétricas.

Para el análisis de los efectos principales de las tres variables de estudio (Tipo de Material, Soluciones y Tiempo) sobre los valores de absorción y solubilidad se realizó la prueba paramétrica de ANOVA de 3 factores, y para las comparaciones de las medias específicas dentro de cada tiempo y solución se realizó la prueba paramétrica ANOVA de un factor, y cuando fue requerido, la prueba no paramétrica de KRUSKAL-WALLIS. Para determinar las diferencias estadísticamente significativas entre los grupos mediante ANOVA se aplicó la prueba post-hoc de Tukey HSD para los grupos homogéneos y la prueba T2 Tamhane para los grupos que no fueron homogéneos; y para determinar las diferencias estadísticamente significativas mediante KRUSKAL-WALLIS se aplicó la prueba de comparación por pares.

Las pruebas se trabajaron considerando un valor de significancia de 5% con un intervalo de confianza del 95%.

3.1 Hipótesis general

Existe diferencia de absorción y solubilidad de tres tipos de materiales restauradores almacenados en dos soluciones por tiempos diferentes.

Nivel de significancia: 5%

Prueba estadística: Anova de tres factores.

Para la Absorción:

Tabla 2. Absorción de los tres tipos de materiales restauradores

Tipo de material	N	Media	Error Estándar	Intervalo de confianza al 95%		p*
				Límite inferior	Límite superior	
RC	24	27.13 A	3.25	20.63	33.64	0.000
IV	24	85.38 B	3.25	78.88	91.89	
ALK	22	17.62 A	3.41	10.80	24.44	

*Prueba ANOVA de 3 factores, Factor Tipo de Material: $p < 0.05$

**Diferentes letras mayúsculas indican diferencia estadísticamente significativa por la prueba de Tukey HSD $p < 0.05$

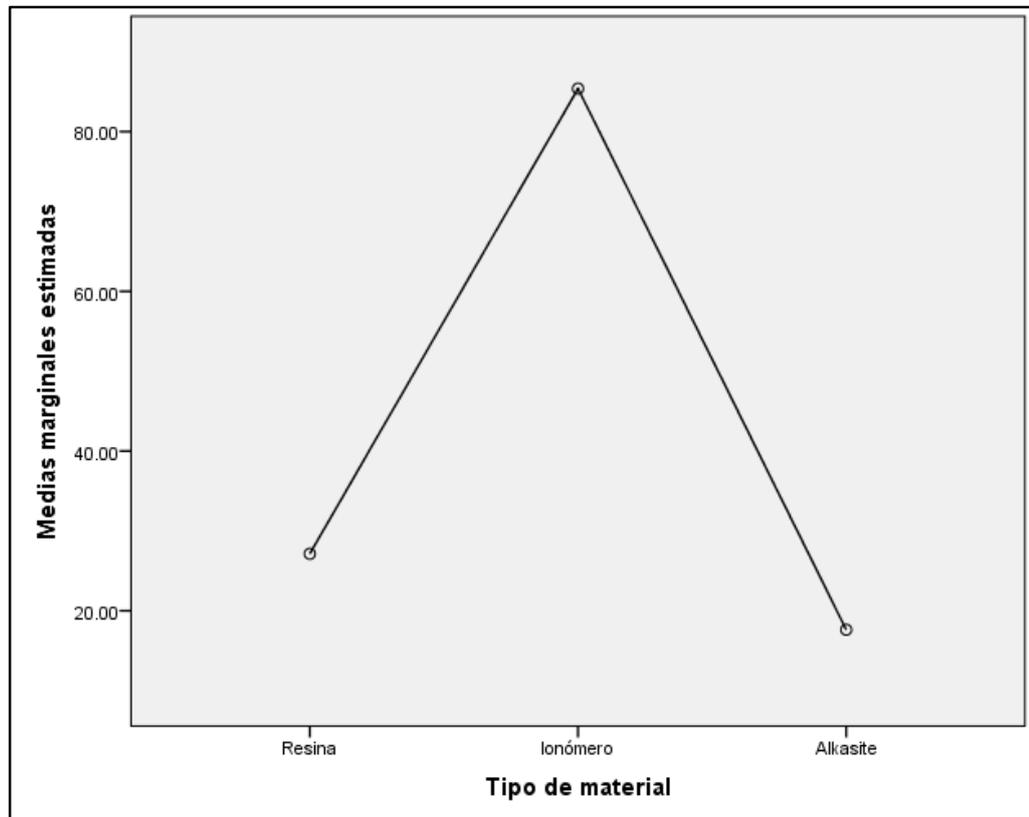


Gráfico 1. Medias marginales estimadas de la absorción de los tres tipos de materiales restauradores.

Interpretación: En la tabla 2 se puede observar el p-valor del efecto principal del Factor Tipo de Material en la absorción que fue de $p=0.000$, menor al nivel de significancia $p=0.05$; por lo tanto, se toma la decisión de aceptar la hipótesis de la investigación; con un nivel de significancia del 5% y un nivel de confianza del 95%. Además, se utilizó la prueba post-hoc de Tukey HSD, el cual mostró diferencia estadísticamente significativa entre el grupo de RC con el IV y entre IV con el ALK ($p=0.000$ respectivamente), no encontrando diferencia estadísticamente significativa entre RC con el ALK ($p=0.154$).

Conclusión: Se puede concluir que existe diferencia significativa de absorción de tres tipos de materiales restauradores almacenados en dos soluciones por tiempos diferentes.

Para la Solubilidad:

Tabla 3. Solubilidad de los tres tipos de materiales restauradores

Tipo de material	N	Media	Error Estándar	Intervalo de confianza al 95%		p*
				Límite inferior	Límite superior	
RC	24	13.98 A	0.98	12.02	15.94	0.000
IV	23	43.57 B	1.00	41.56	45.58	
ALK	23	12.04 A	1.00	10.03	14.05	

*Prueba ANOVA de 3 factores, Factor Tipo de Material: $p<0.05$

**Diferentes letras mayúsculas indican diferencia estadísticamente significativa por la prueba de Tukey HSD $p<0.05$

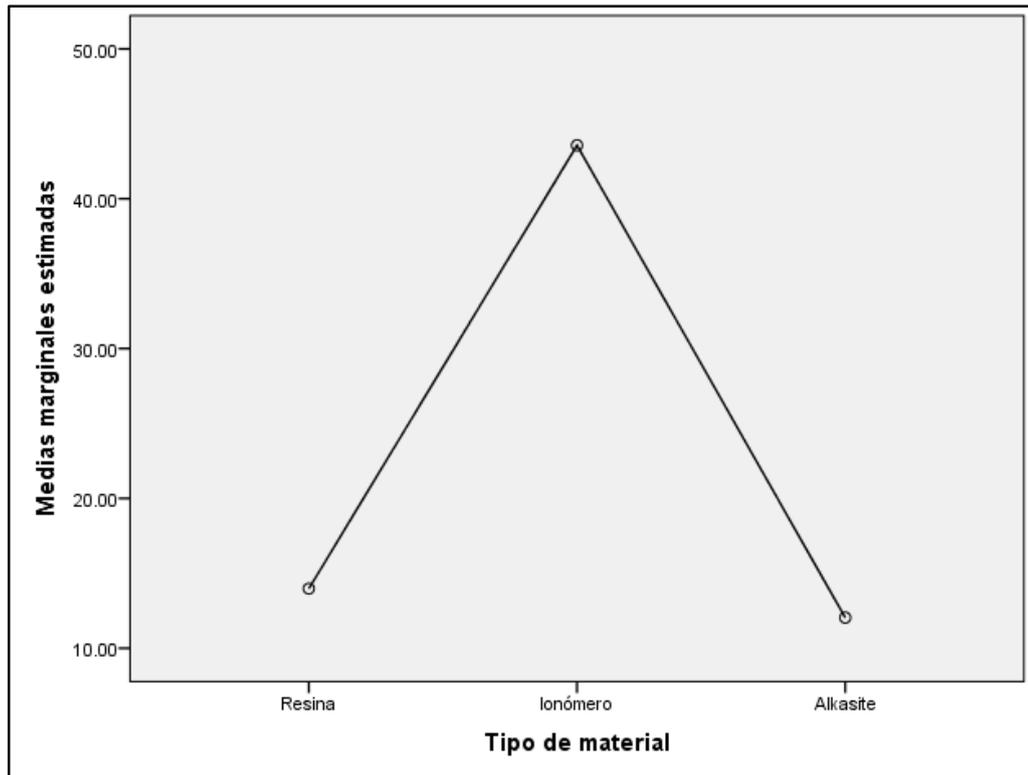


Gráfico 2. Medias marginales estimadas de la solubilidad de los tres tipos de materiales restauradores.

Interpretación: En la tabla 3 se puede observar el p-valor del efecto principal del Factor Tipo de Material en la solubilidad que fue de $p= 0.000$, menor al nivel de significancia $p= 0.05$; por lo tanto, se toma la decisión de aceptar la hipótesis de la investigación; con un nivel de significancia del 5% y un nivel de confianza del 95%. Además, se utilizó la prueba post-hoc de Tukey HSD, el cual mostró diferencia estadísticamente significativa entre el grupo de RC con el IV y entre IV con el ALK ($p=0.000$ respectivamente), no encontrando diferencia estadísticamente significativa entre RC con el ALK ($p=0.432$).

Conclusión: Se puede concluir que existe diferencia significativa de solubilidad de tres tipos de materiales restauradores almacenados en dos soluciones por tiempos diferentes.

3.2 Hipótesis específicas

Para las comparaciones de las medias específicas dentro de cada tiempo y solución se realizó la prueba paramétrica ANOVA de un factor, y cuando fue requerido, la prueba no paramétrica de KRUSKAL-WALLIS. En las siguientes tablas se muestran las medias, desviaciones estándar y los valores mínimo y máximo.

Para el grupo de absorción de agua de tres tipos de materiales restauradores (RC, IV, ALK) por el tiempo de 7 días, se muestra a continuación.

Tabla 4. Absorción de agua por 7 días

Tipo de Material	Media	N	D.E.	Min-Max.	p*
RC	19.63 B	6	1.30	17.70-21.70	0.000
IV	72.20 C	6	4.73	63.40-76.00	
ALK	14.58 A	5	0.19	14.30-14.80	

*Prueba ANOVA, F= 682.78, p<0.05.

**Diferentes letras mayúsculas indican diferencia estadísticamente significativa por la prueba T2 Tamhane p<0.05

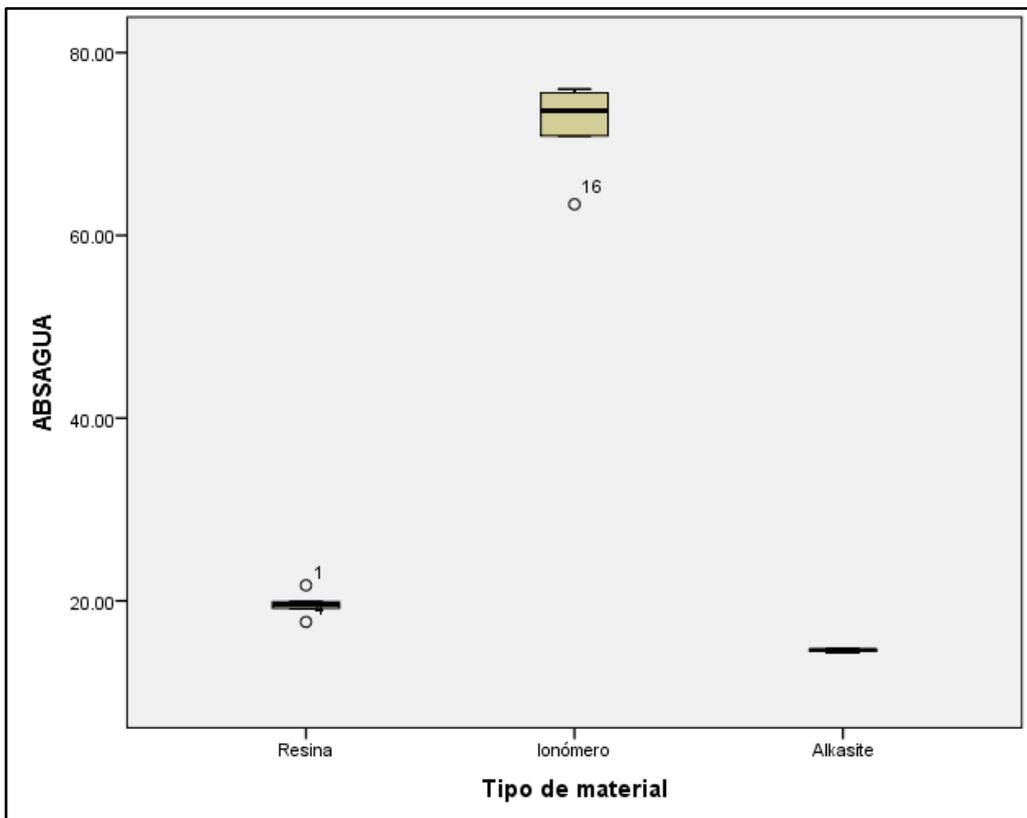


Gráfico 3. Diagrama de cajas y bigotes de la absorción de agua por 7 días.

Interpretación:

En la tabla 4 se puede observar el valor de absorción de agua destilada por 7 días. Aplicando el análisis estadístico ANOVA de un factor se encontró que existe diferencias significativas entre los grupos ($p=0.000$). El valor de absorción más bajo lo tuvo el ALK ($14.58 \mu\text{g}/\text{mm}^3$) seguido de la RC ($19.63 \mu\text{g}/\text{mm}^3$) y el valor más alto el IV ($72.20 \mu\text{g}/\text{mm}^3$). Además, se utilizó la prueba de T2 Tamhane, el cual mostró diferencia estadísticamente significativa entre todos los grupos de estudio ($p<0.05$).

Para el grupo de solubilidad en agua por 7 días, en la tabla 5 se muestran las medias, desviaciones estándar y los valores mínimo y máximo.

Tabla 5. Solubilidad en agua por 7 días

Tipo de Material	Media	N	D.E.	Min-Max.	p*
RC	-0.02 A	6	1.55	-2.50- 2.40	0.016
IV	1.90 AB	5	3.42	-2.20- 7.00	
ALK	4.37 B	6	1.65	2.40- 6.70	

*Prueba ANOVA, $F= 5.60$, $p<0.05$

** Diferentes letras mayúsculas indican diferencia estadísticamente significativa por la prueba Post-hoc Tukey HSD $p<0.05$

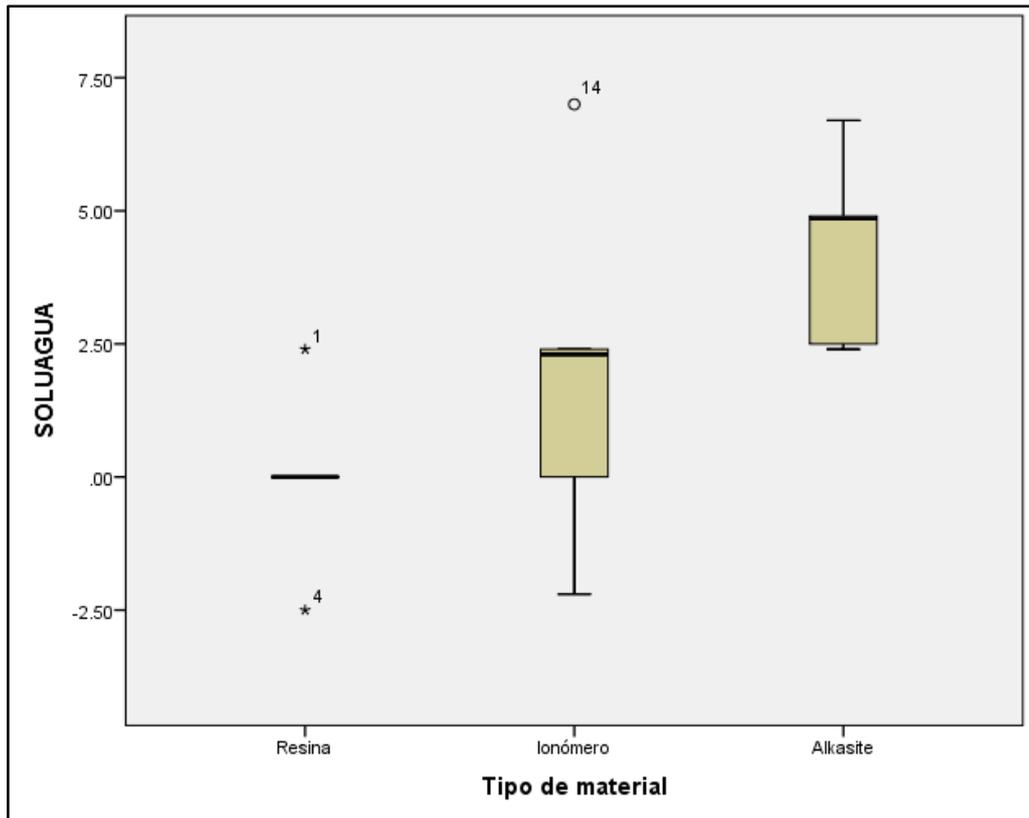


Gráfico 4. Diagrama de cajas y bigotes de solubilidad en agua por 7 días.

Interpretación:

En la tabla 5 se observa el valor de solubilidad en agua destilada por 7 días. Aplicando el análisis estadístico ANOVA de un factor se encontró que existe diferencias significativas entre los grupos ($p=0.016$). El valor de solubilidad más bajo lo tuvo la RC ($-0.02 \mu\text{g}/\text{mm}^3$) seguido del IV ($1.90 \mu\text{g}/\text{mm}^3$) y el valor más alto lo tuvo el ALK ($4.37 \mu\text{g}/\text{mm}^3$). Además, se utilizó la prueba post-hoc de Tukey HSD, el cual mostró que hubo diferencia estadísticamente significativa entre el grupo ALK con la RC ($p=0.013$), no encontrando diferencia estadísticamente significativa entre los grupos RC con el IV y entre IV con el ALK ($p=0.371$; $p=0.208$ respectivamente).

En la tabla 6 se muestran las medias, desviaciones estándar y los valores mínimo y máximo para el grupo de absorción de agua de tres tipos de materiales (RC, IV, ALK) por 30 días.

Tabla 6. Absorción de agua por 30 días

Tipo de Material	Media	N	D.E.	Min-Max.	P*
RC	43.35 B	6	1.20	42.20- 45.50	0.000
IV	142.12 C	6	4.74	133.90- 146.70	
ALK	36.72 A	6	2.50	33.80- 40.40	

*Prueba ANOVA, F= 2079.55, p<0.05

**Diferentes letras mayúsculas indican diferencia estadísticamente significativa por la prueba T2 Tamhane p<0.05

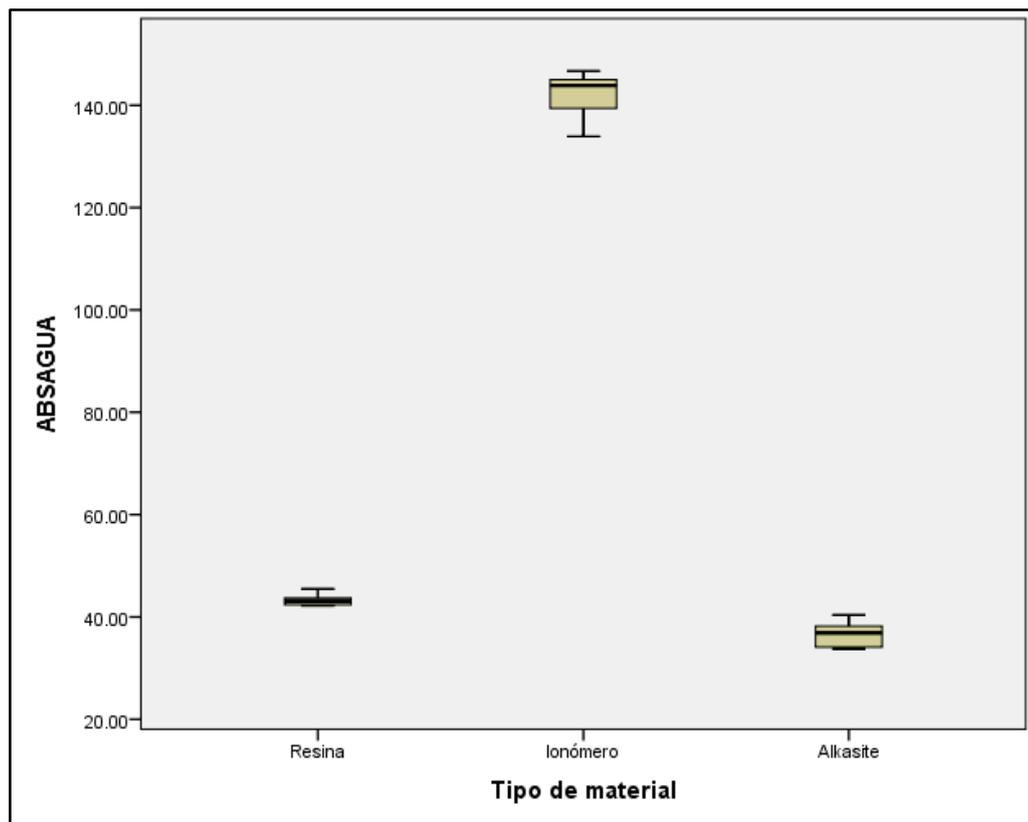


Gráfico 5. Diagrama de cajas y bigotes de absorción de agua por 30 días

Interpretación:

En la tabla 6 se observa el valor de absorción de agua destilada por 30 días. Aplicando el análisis estadístico ANOVA de un factor se encontró que existe diferencias significativas entre los grupos ($p=0.000$). El valor de absorción más bajo lo tuvo el ALK ($36.72 \mu\text{g}/\text{mm}^3$) seguido de la RC ($43.35 \mu\text{g}/\text{mm}^3$) y el valor más alto lo tuvo el IV ($142.12 \mu\text{g}/\text{mm}^3$). Además, se utilizó la prueba T2 Tamhane, el cual mostró diferencia estadísticamente significativa entre todos los grupos de estudio ($p<0.05$).

En la tabla 7 se muestran las medias, desviaciones estándar y los valores mínimo y máximo para el grupo de solubilidad en agua de tres tipos de materiales (RC, IV, ALK) por 30 días.

Tabla 7. Solubilidad en agua por 30 días

Tipo de Material	Media	N	D.E.	Min-Max.	p*
RC	35.58 B	6	2.20	32.40-38.50	
IV	71.48 C	6	5.15	66.10-78.30	0.000
ALK	17.95 A	6	2.09	14.70-20.20	

*Prueba ANOVA, $F= 375.23$, $p<0.05$

**Diferentes letras mayúsculas indican diferencia estadísticamente significativa por la prueba T2 Tamhane $p<0.05$

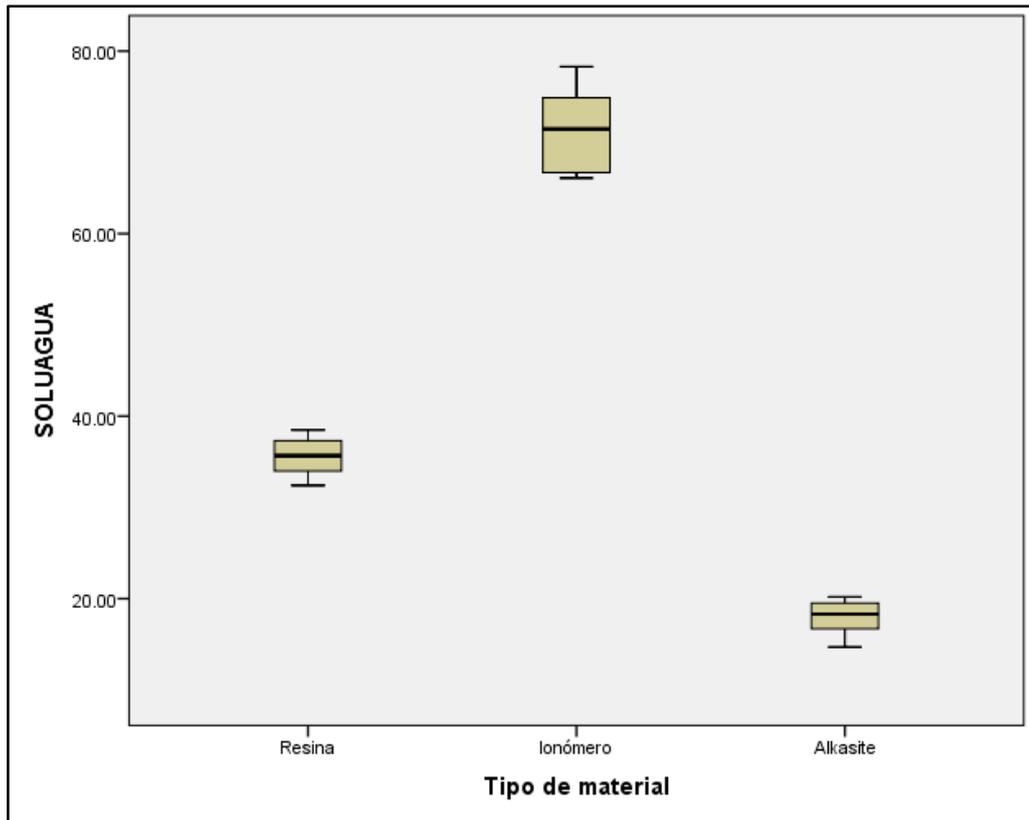


Gráfico 6. Diagrama de cajas y bigotes de solubilidad en agua por 30 días

Interpretación:

Se puede observar en la tabla 7 el valor de solubilidad en agua destilada por 30 días. Aplicando el análisis estadístico ANOVA de un factor se encontró que existe diferencias significativas entre los grupos ($p=0.000$). El valor de solubilidad más bajo lo tuvo el ALK ($17.95 \mu\text{g}/\text{mm}^3$) seguido de la RC ($35.58 \mu\text{g}/\text{mm}^3$) y el valor más alto lo tuvo el IV ($35.58 \mu\text{g}/\text{mm}^3$). Además, se utilizó la prueba T2 Tamhane, el cual mostró diferencia estadísticamente significativa entre todos los grupos de estudio ($p<0.05$).

En la tabla 8 se muestran las medias, desviaciones estándar y los valores mínimo y máximo para el grupo de absorción de bebida gaseosa de tres tipos de materiales (RC, IV, ALK) por 7 días.

Tabla 8. Absorción de bebida gaseosa por 7 días

Tipo de Material	Media	N	D.E.	Min-Max.	p*
RC	18.28 B	6	1.09	17.10-19.50	0.000
IV	51.50 C	6	4.34	46.50-58.60	
ALK	13.60 A	6	1.36	12.40-15.40	

*Prueba ANOVA, F= 350.89, p<0.05

** Diferentes letras mayúsculas indican diferencia estadísticamente significativa por la prueba Post-hoc Tukey HSD p<0.05

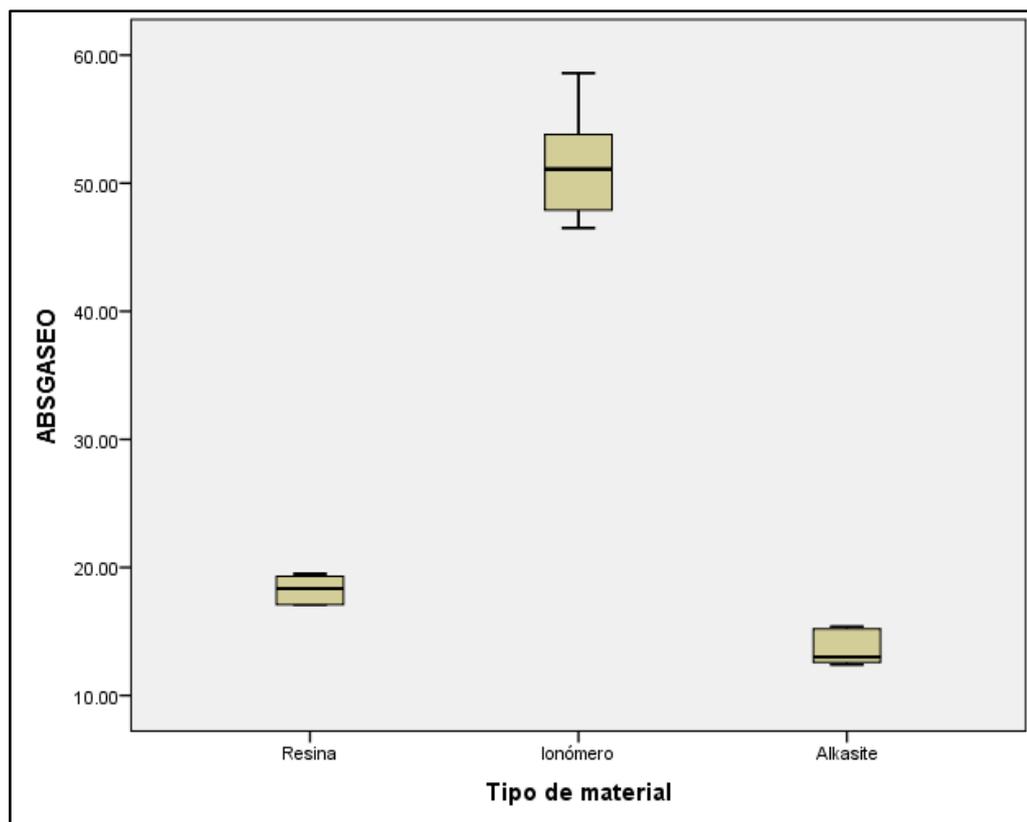


Gráfico 7. Diagrama de cajas y bigotes de absorción de bebida gaseosa por 7 días.

Interpretación:

Se puede observar en la tabla 8 la absorción de bebida gaseosa por 7 días. Aplicando el análisis estadístico ANOVA de un factor se encontró que existe diferencias significativas entre los grupos ($p=0.000$). El valor de absorción más bajo lo tuvo el ALK ($13.60 \mu\text{g}/\text{mm}^3$) seguido de la RC ($18.28 \mu\text{g}/\text{mm}^3$) y el valor más alto lo tuvo el IV ($51.50 \mu\text{g}/\text{mm}^3$). Además, se utilizó la prueba post-hoc de Tukey HSD, el cual mostró diferencia estadísticamente significativa entre todos los grupos de estudio ($p<0.05$).

En la tabla 9 se muestran las medias, desviaciones estándar y los valores mínimo y máximo para el grupo de solubilidad en bebida gaseosa de tres tipos de materiales (RC, IV, ALK) por 7 días.

Tabla 9. Solubilidad en bebida gaseosa por 7 días.

Tipo de Material	Media	N	D.E.	Min-Max.	p*
RC	-1.62 A	6	1.99	-4.90- 0.00	
IV	12.75 B	6	4.70	4.90- 17.10	0.000
ALK	7.64 B	5	0.23	7.40- 8.00	

*Prueba ANOVA, $F= 34.076$, $p<0.05$

**Diferentes letras mayúsculas indican diferencia estadísticamente significativa por la prueba T2 Tamhane $p<0.05$

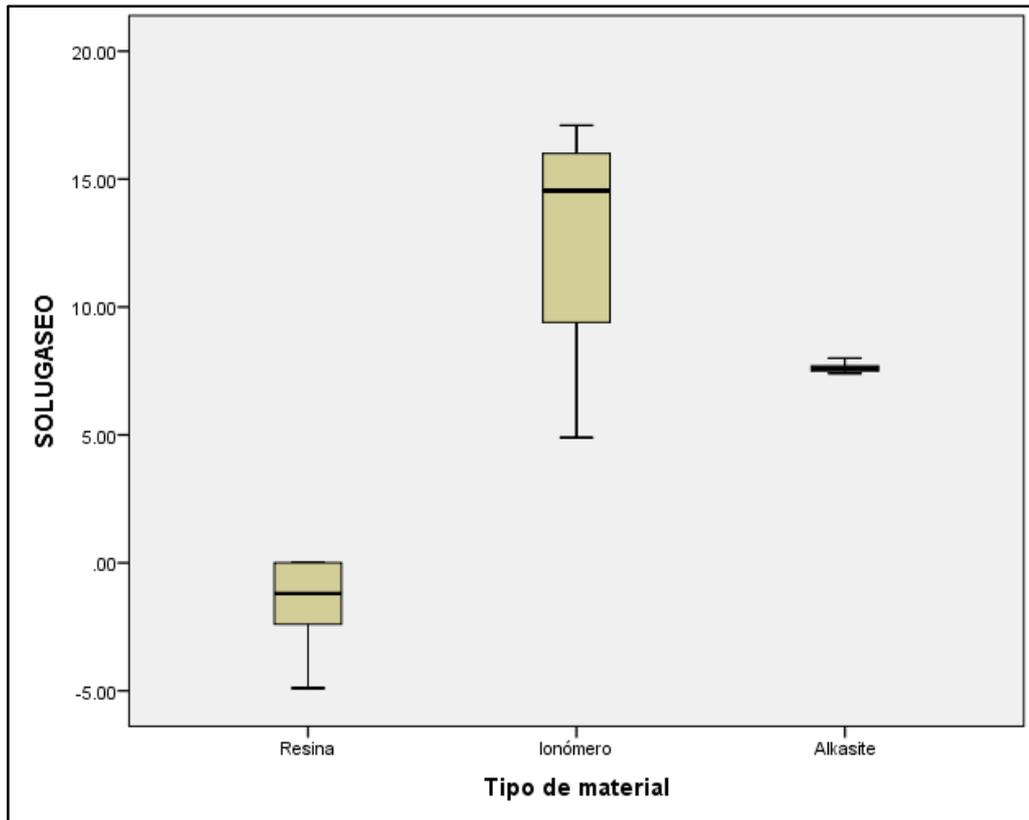


Gráfico 8. Diagrama de cajas y bigotes de solubilidad en bebida gaseosa por 7 días.

Interpretación:

Se puede observar en la tabla 9 la solubilidad en bebida gaseosa por 7 días. Aplicando el análisis estadístico ANOVA de un factor se encontró que existe diferencias significativas entre los grupos ($p=0.000$). El valor de solubilidad más bajo lo tuvo la RC ($-1.62 \mu\text{g}/\text{mm}^3$) seguido del ALK ($7.64 \mu\text{g}/\text{mm}^3$) y el valor más alto lo tuvo el IV ($12.75 \mu\text{g}/\text{mm}^3$). Además, se utilizó la prueba T2 Tamhane, el cual hubo diferencia estadísticamente significativa entre los grupos RC con el IV y entre el ALK con la RC ($p=0.001$; $p=0.000$ respectivamente), no encontrando diferencia estadísticamente significativa entre el grupo IV con el ALK ($p=0.128$).

En la tabla 10 se muestran las medias, desviaciones estándar y los valores mínimo y máximo para el grupo de absorción en bebida gaseosa de tres tipos de materiales (RC, IV, ALK) por 30 días.

Tabla 10. Absorción en bebida gaseosa por 30 días

Tipo de Material	Media	N	D.E.	Min-Max.	p*
RC	27.27 AB	6	18,20	8.10-44.10	
IV	75.72 B	6	50.26	22.00-127.80	0.007
ALK	5.58 A	5	2.68	2.50-9.90	

*Prueba Kruskal-Wallis, $p < 0.05$

**Diferentes letras mayúsculas indican diferencia estadísticamente significativa por la prueba de comparación por pares $p < 0.05$

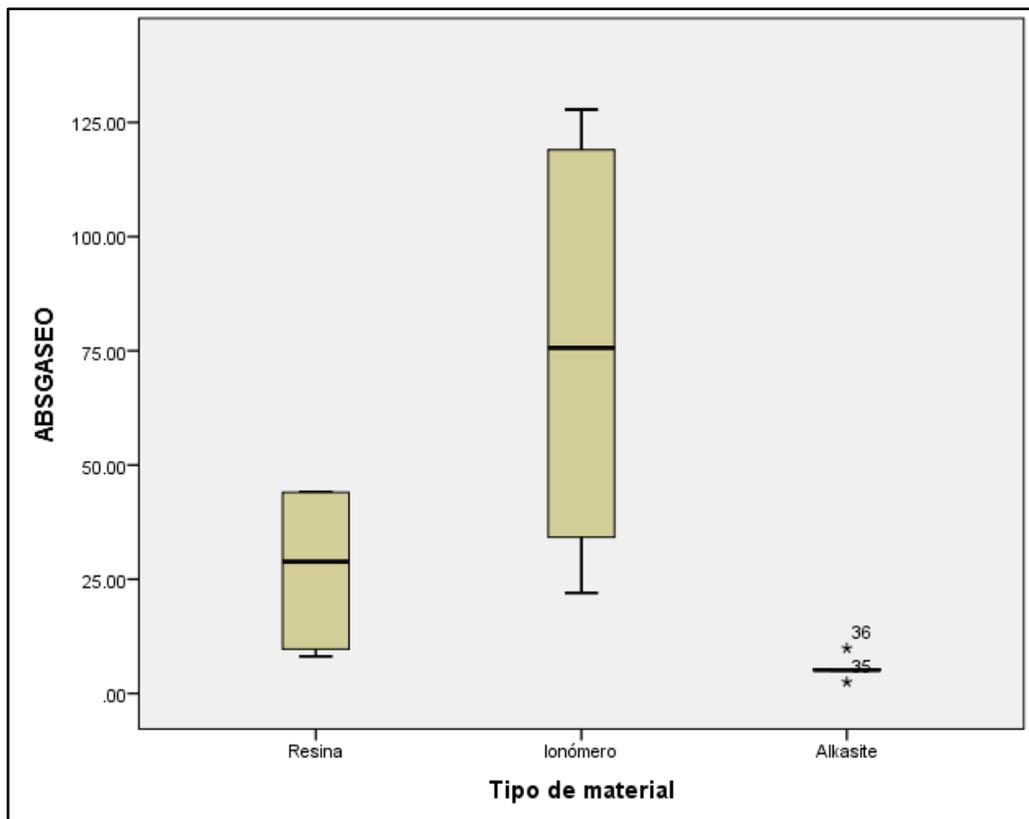


Gráfico 9. Diagrama de cajas y bigotes de absorción en bebida gaseosa por 30 días.

Interpretación:

Se puede observar en la tabla 10 los valores de absorción de bebida gaseosa por 30 días. Aplicando el análisis estadístico de Kruskal-Wallis se encontró que existe diferencias significativas entre los materiales ($p=0.007$). El valor de absorción más bajo lo tuvo el ALK ($5.58 \mu\text{g}/\text{mm}^3$) seguido de la RC ($27.27 \mu\text{g}/\text{mm}^3$) y el valor más alto lo tuvo el IV ($75.72 \mu\text{g}/\text{mm}^3$). Además, se utilizó la prueba de comparación por pares, el cual hubo diferencia estadísticamente significativa entre el grupo IV con el ALK ($\text{sig.}=0.005$), no encontrando diferencia estadísticamente significativa entre los grupos ALK con la RC y entre la RC con el IV ($\text{sig.}=0.121$; $\text{sig.}=0.758$ respectivamente).

En la tabla 11 se muestran las medias, desviaciones estándar y los valores mínimo y máximo para el grupo de solubilidad en bebida gaseosa de tres tipos de materiales (RC, IV, ALK) por 30 días.

Tabla 11. Solubilidad en bebida gaseosa por 30 días

Tipo de Material	Media	N	D.E.	Min-Max.	p*
RC	21.97 A	6	5.47	14.50-26.90	
IV	88.13 B	6	11.35	75.20-103.80	0.000
ALK	18.22 A	6	5.68	12.70-25.30	

*Prueba ANOVA, $F= 145.761$, $p<0.05$

** Diferentes letras mayúsculas indican diferencia estadísticamente significativa por la prueba Post-hoc Tukey HSD $p<0.05$

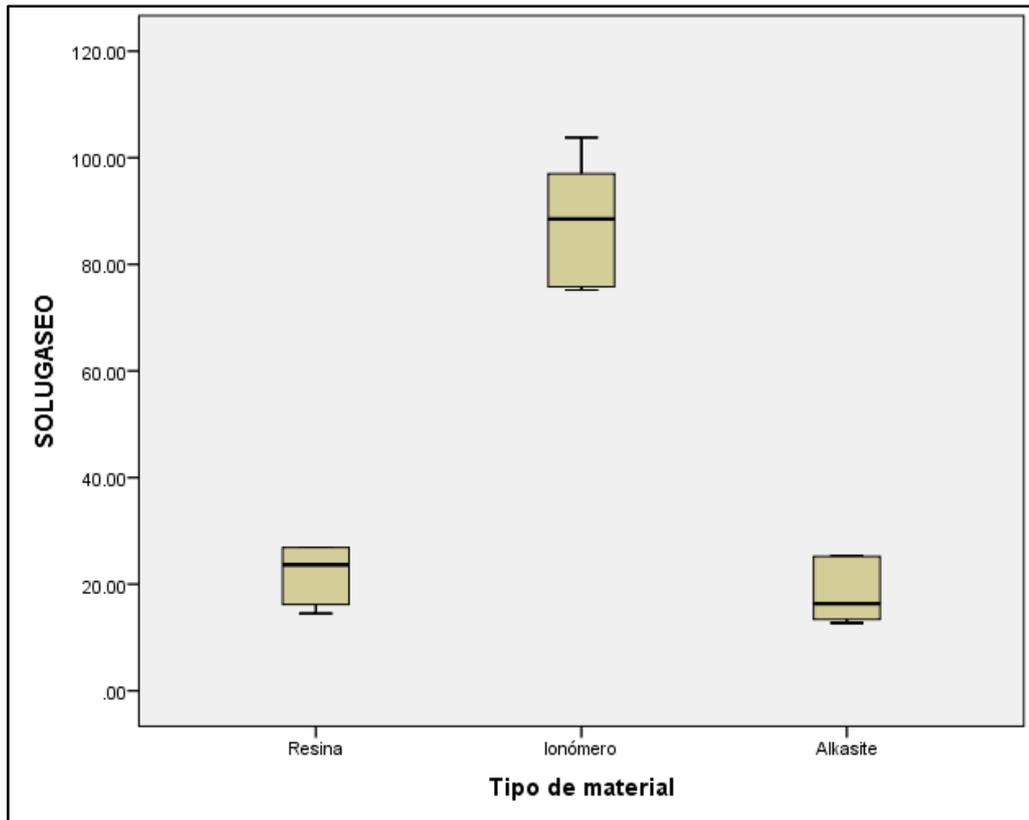


Gráfico 10. Diagrama de cajas y bigotes de solubilidad en bebida gaseosa por 30 días.

Interpretación:

Se puede observar en la tabla 11 la solubilidad en bebida gaseosa por 30 días. Aplicando el análisis estadístico ANOVA de un factor se encontró que existe diferencias significativas entre los grupos ($p=0.000$). El valor de solubilidad más bajo lo tuvo el ALK ($18.22 \mu\text{g}/\text{mm}^3$) seguido de la RC ($21.97\mu\text{g}/\text{mm}^3$) y el valor más alto lo tuvo el IV ($88.13 \mu\text{g}/\text{mm}^3$). Además, se utilizó la prueba post-hoc de Tukey HSD, el cual mostró diferencia estadísticamente significativa entre los grupos RC con el IV y entre el IV con el ALK ($p=0.000$ respectivamente), no encontrando diferencia estadísticamente significativa entre el grupo RC con el ALK ($p=0.700$).

IV. DISCUSIÓN

Existe una variedad de materiales restauradores que el odontólogo utiliza con frecuencia, y que se pueden usar como restauración definitiva. Materiales como la resina compuesta (RC), que es la más frecuentemente usada, el cemento ionómero de vidrio modificado con resina (IV) que libera flúor y mejora sus propiedades al incorporar componentes resinosos, y el recientemente integrado al mercado odontológico, el alkasite (ALK), que es parte de la familia de la resina compuesta y libera una serie de iones al medio oral. Entonces, conocer las propiedades de los materiales que se utilizarán en la práctica odontológica es de vital importancia, debido a que se podría predecir su comportamiento en el medio oral.

La absorción de agua y la solubilidad son unas de las propiedades que pueden influenciar en la longevidad de la restauración así como en su biocompatibilidad⁹, debido a una serie de cambios que atraviesan los materiales poliméricos al contacto con los líquidos. Existen una variedad de factores relacionados a estos cambios que nos pueden dar una idea de cuánto podría ser afectado el material en un medio acuoso. Los factores más importantes que pueden influir en las propiedades son la hidrofilia del monómero, la densidad de reticulación, la presencia de poros en la red, las partículas de relleno, como también el grado de conversión⁹ y el sistema iniciador de la polimerización²². En este estudio, los valores de absorción y de solubilidad de los tres materiales restauradores de estudio mostraron diferencia significativa ($p=0.000$), entre los cuales el IV tuvo el valor más alto, seguido de la RC y del ALK, pero sin diferencia significativa entre la RC y el ALK en ambas propiedades de estudio.

En la absorción de agua y de bebida gaseosa, los materiales evaluados por 7 días presentaron valores menores al parámetro establecido por la ISO 4049 (valor $<40 \mu\text{g}/\text{mm}^3$), excepto el IV que presentó valores superiores en ambas soluciones de estudio (agua: $72.20 \mu\text{g}/\text{mm}^3$; bebida gaseosa: $51.50 \mu\text{g}/\text{mm}^3$). El cemento ionómero de vidrio modificado con resina presenta en su composición el monómero resinoso HEMA (2-hidroxietil metacrilato) que fue incorporado para mejorar las propiedades del material, haciendo que éste pueda ser activado por luz, además permite que puedan coexistir tanto la resina como los componentes ácidos en una solución acuosa²³. Sin embargo, el HEMA es un monómero de bajo peso molecular y es hidrófilo, ya que tiene un grupo funcional hidroxilo que lo hace más propenso a la absorción de agua²⁴, lo que podría explicar los

altos valores de absorción que presentó el IV. Lima, et al. ¹⁸ también reportaron valores superiores a $40 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ en los materiales ionoméricos modificados con resina en periodos de almacenamiento de 24h, 7, 14 y 21 días en distintas soluciones (saliva ácida, saliva neutra y agua desionizada) alcanzando el Vitremer valores entre 90.93 y $123.57 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ de absorción en agua desionizada. De manera similar, un estudio realizado por Severino ²⁰ evaluó un cemento ionómero de vidrio modificado con resina (Fuji Plus – GC), el cual mostró una alta absorción de agua a los 7, 15 y 30 días de inmersión en agua destilada (177.8 , 163.0 , $142.3 \mu\text{g}/\text{mm}^3$, respectivamente); lo que concuerda con este estudio. Cabe resaltar que en este estudio no se aplicó el último componente del Vitremer (conocido como gloss) que protege al material ionomérico de la pérdida y ganancia de agua, y esto podría haber alterado los resultados.

La difusión de agua en la estructura polimérica ocurre a través de dos eventos teóricos importantes. Uno es el “volumen libre”, por el cual el agua absorbida queda atrapada en el espacio que existe entre la red polimérica de la matriz sin unirse químicamente a ella; y el otro es el “de interacción”, por el cual las moléculas de agua absorbida se unen a las cadenas de la matriz polimérica, sobre todo a los componentes hidrófilos que han reaccionado a la polimerización ^{14,25}. Además, Bociong, et al. ¹⁴ mencionan que la presencia de rellenos en la red polimérica reduce el volumen libre, disminuyendo no sólo la absorción de agua sino también la solubilidad del material restaurador. Esto último podría explicar los valores obtenidos en este estudio por la RC y el ALK, ya que la RC presenta en su composición rellenos de sílice y zirconia; y el ALK rellenos de vidrio de silicato de aluminio y bario, isorelleno, vidrio de fluorosilicato de calcio y trifluoruro de iterbio.

Otro hallazgo que se encontró fue el aumento de los valores de absorción de agua y de bebida gaseosa a los 30 días de almacenamiento (excepto el ALK en bebida gaseosa), por lo que se puede suponer que el tiempo juega un papel importante en la absorción, y en consecuencia, en las propiedades de los materiales restauradores. En los materiales ionoméricos el agua se absorbe en mayor cantidad en las primeras 24h ^{18,26} y en las resinas compuestas posterior a los 7 días ^{13,15}, llegando un material polimérico a absorber agua hasta un punto de saturación que ocurre aproximadamente de 1 hasta 2 meses ⁹.

La facilidad de difusión del agua a través de la red del polímero podría ocasionar diferentes efectos que alterarían la estructura de la red polimérica del material restaurador como por ejemplo la expansión del material, pues existiría una correlación positiva con la absorción de agua, la cual en cierta medida podría ser beneficiosa, al reducir la brecha de interfaz entre el material y el diente ¹³. Otro efecto importante que ocasiona un disolvente (como el agua) en la red polimérica es el efecto plastificante ²⁴; cuando el agua entra en contacto con el material polimérico, ésta forma enlaces de hidrógeno con los grupos polares del polímero (como hidroxilo), y esto puede interrumpir las interacciones entre cadenas, afectando la estructura molecular ²⁷. Entonces la

absorción de agua de la red polimérica produce una relajación que causa separación de las cadenas de polímeros; y una alta absorción de agua también aumentaría el efecto plastificante del material, reduciendo de esta forma sus propiedades mecánicas ²⁴.

También se observó que la RC en la propiedad de absorción de agua y de bebida gaseosa se mantuvo dentro de los parámetros establecidos por la ISO 4049 a los 7 y 30 días de almacenamiento; excepto la RC en agua por 30 días que presentó un valor ligeramente superior a la ISO 4049 de 43.35 $\mu\text{g}/\text{mm}^3$. Por el contrario, Rosales-Leal, et al. ¹³ evaluaron dos resinas compuestas (Spectrum TPH y Esthet-X) y mostraron valores menores de absorción a las 4 y 8 semanas de inmersión en agua destilada; esto se podría deber a diferente metodología usada en cuanto a las dimensiones de las muestras. Sin embargo, Bociong, et al. ¹⁴ encontraron valores de absorción menores a la ISO 4049 en diferentes tipos de resinas compuestas a los 7 días de inmersión en agua destilada; lo que se asemeja al resultado de este estudio.

Ferracane ⁹ menciona que existen diferencias en la absorción de agua de distintos monómeros en el tiempo (TEGDMA>Bis-GMA>UDMA>HMDMA). Así mismo, Fonseca, et al. ²⁸ evaluaron la absorción de agua (%) de diferentes monómeros por 60 días en agua y mostraron que BisEMA<UDMA<BisGMA<FIT852<BisEMA 30, pero sin diferencia significativa entre UDMA y BisGMA; por lo tanto, monómeros diferentes van a presentar diferente absorción, lo que podría explicar los resultados obtenidos en este estudio. El material Alkasilite al tener unos monómeros dimetacrilatos como el UDMA, DCP, UDMA-alifático aromático y PEG-400 DMA, que son diferentes a los monómeros que tiene una resina compuesta (Bis-GMA, UDMA, TEGDMA, Bis-EMA), esto podría haber causado las diferencias encontradas en la absorción, siendo la RC significativamente mayor al ALK a los 30 días en agua destilada (Tabla 6). Gonulol, et al. ²⁹ encontraron diferencias en la absorción (%) a los 28 días de almacenamiento en agua destilada en dos resinas compuestas y un monómero; y esto se podría deber a la composición orgánica/inorgánica de los materiales evaluados.

Por otro lado, en su estudio Gonulol, et al. ²⁹ indican que la liberación de fluoruro de un material restaurador estaría mediada por la capacidad de difusión del agua; el IV y ALK son materiales que tienen la capacidad de liberar fluoruros al medio, y se encontró diferencia significativa entre ambos materiales, el IV tuvo mayor absorción que el ALK, tanto en agua destilada como en bebida gaseosa. Esto sería debido a la composición de la matriz orgánica del IV que tiene más afinidad con el agua a diferencia con los monómeros de enlaces cruzados que tiene el ALK (UDMA, UDMA-alifático aromático); además se ha reportado que materiales con relleno alcalino tienen buena estabilidad mecánica hasta 3 meses en soluciones neutras y ácidas ³⁰.

El pH del líquido así como la composición del material juegan un papel importante en la superficie del material restaurador. Rahim, et al. ¹⁵; Arregui ¹⁰ mencionan que la bebida gasificada y su bajo pH pueden afectar a los materiales, ya que podría reducir la protección de su superficie, acelerar el ritmo de absorción de agua y actuar como plastificante, y producir cambios en la coloración por la absorción de pigmentos. Los materiales evaluados en este estudio presentaron numéricamente menor absorción de bebida gaseosa en comparación con el agua a los 7 y 30 días de almacenamiento, lo que podría atribuirse a su contenido de relleno y la composición de su matriz orgánica de los materiales, pero que de igual forma fueron afectados, más el IV, pudiendo perjudicar las propiedades del material restaurador.

Por otra parte, cuando espécimenes a base de metacrilatos se almacenan en agua, estos se disuelven y lixivian algunos componentes como monómeros sin reaccionar, causando pérdida de peso del espécimen que se podría cuantificar como solubilidad ²⁷. En los resultados obtenidos en este estudio en cuanto a la solubilidad, los tres materiales almacenados en agua destilada por 7 días tuvieron valores menores a lo establecido por la ISO 4049 (valor $<7,5 \mu\text{g}/\text{mm}^3$), mientras que en bebida gaseosa sólo la RC ($-1.62 \mu\text{g}/\text{mm}^3$). Así mismo Bociong, et al. ¹⁴ evaluaron diferentes tipos de resinas compuestas de consistencia regular y fluida, y encontraron una solubilidad entre 0.5 y $2.8 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ en agua a los 7 días. Igualmente Severino ²⁰ mostró en un cemento ionómero de vidrio modificado con resina (Fuji Plus – GC) una baja solubilidad a los 7, 15 y 30 días de inmersión en agua destilada (0.021 , 9.55 , $-4.53 \mu\text{g}/\text{mm}^3$, respectivamente).

Mientras que a los 30 días de almacenamiento los materiales de estudio aumentaron los valores de solubilidad en ambas soluciones, siendo el ALK el de menor valor, seguido de la RC y el IV (Tabla 7 y 11); lo que podría suponer que los materiales de estudio fueron afectados a lo largo del tiempo. Fonseca, et al. ²⁸ evaluaron la solubilidad (%) de diferentes monómeros por 60 días en agua y mostraron que BisEMA<UDMA<BisGMA<FIT852<BisEMA30; lo que podría explicar la diferencia de valores de solubilidad a los 30 días en agua ya que los materiales de estudio presentan distinta composición y por consiguiente distinto comportamiento. Por el contrario, Gonulol, et al. ²⁹ no encontraron diferencia en la solubilidad (%) entre dos resinas compuestas y un giomero luego de 28 días de inmersión en agua destilada, y esto se podría deber a la composición similar de los materiales evaluados en cuanto a sus tasas de conversión y las concentraciones de relleno.

Además, Fagundes, et al ³¹ mencionan que altas concentraciones de monómeros hidrófilos podrían causar una polimerización incompleta y favorecer el paso del agua al interior del material, provocando la elución y degradación de los componentes de resina, como ocurre en algunos sistemas adhesivos de autograbado. Entonces, los componentes resinosos que no han logrado reaccionar en el proceso de polimerización son los que podrían ser liberados al medio externo,

como monómeros o pequeñas cadenas de polímero⁹; creando una preocupación sobre todo si un material resinoso no es polimerizado de manera adecuada.

En este estudio, los materiales que tienen la capacidad de liberar iones al medio (ALK y IV) mostraron mayor solubilidad en bebida gaseosa que en agua destilada, resistiendo mejor la RC al ambiente ácido. Lima, et al.¹⁸ reportaron valores altos de solubilidad en los materiales ionoméricos modificados con resina en el periodo de almacenamiento de 21 días en distintas soluciones (saliva ácida, saliva neutra y agua desionizada) alcanzando el Vitremer valores de solubilidad de 68.30, 69.31 y 72.56 $\mu\text{g}/\text{mm}^3$, respectivamente; lo que concuerda con el presente estudio que se encontró una alta solubilidad del IV a los 30 días de almacenamiento (71.48 $\mu\text{g}/\text{mm}^3$; 88.13 $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ en agua y bebida gaseosa, respectivamente). Esto podría mostrar que la presencia de HEMA en la matriz orgánica de los cemento ionómero de vidrio modificado con resina también puede aumentar la solubilidad del material³². En cambio, Mustafa, et al.¹⁹ encontraron una baja solubilidad de un cemento ionómero de vidrio modificado con resina (Ionolux-VOCO) después de 28 días en agua destilada (-12.36 $\mu\text{g}/\text{mm}^3$); y esto se podría deber a la metodología usada que fue diferente en cuanto a la confección de la muestra y tiempo de fotocurado que fue mayor a la de este estudio.

Por otro lado, también se observó que la RC fue el material que obtuvo menor solubilidad en ambas soluciones (-0.02, -1.62 $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ agua y bebida gaseosa, respectivamente) a los 7 días de almacenamiento. A pesar de la diferente metodología usada en cuanto a dimensiones de las muestras y tiempo de fotocurado; Veranes, et al.³³ quienes evaluaron dos resinas compuestas también reportaron en una resina compuesta comercial (Tetric-Ceram - Ivoclar Vivadent) menor solubilidad en agua (0,57 $\mu\text{g}/\text{mm}^3$) a los 7 días de inmersión. Igualmente Melo, et al.¹⁷ quienes también evaluaron diferentes tipos de resina compuesta, encontraron en dos resinas compuestas convencionales, en la técnica incremental, menor solubilidad en agua (3.34, 1.55 $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ Aura y Z250XT, respectivamente) a los 7 días de inmersión. Un alto contenido de relleno inorgánico en un material resinoso, compuesto por partículas nanométricas (nanoclusters) y mayor grado de conversión y enlaces cruzados lo haría resistente a la degradación química³². Además, se sostiene que el grado de conversión, la composición del material, la naturaleza química del monómero, así como la conformación de la red de polímero, son importantes para precisar la actuación de la resina compuesta en un medio acuoso²⁸.

Para el estudio de estos fenómenos de absorción y solubilidad la composición orgánica/inorgánica del material y su estructura son importantes, así como la naturaleza química de la solución de inmersión. Leal et al.¹⁶ evaluaron cuatro resinas compuestas, y encontraron en la resina Z350XT menor absorción y solubilidad en agua y enjuagues bucales sin alcohol por de 7 días de inmersión. De igual forma, de Moraes Porto, et al.³⁴ quienes también evaluaron estas propiedades en dos

resinas compuestas (Z250 y Z350XT), reportaron menor absorción y solubilidad en agua destilada que en etanol y otros tres enjuagues bucales. Aunque en este estudio no se usó enjuagues bucales y la metodología de este último fue distinta en cuanto al tiempo de almacenamiento y manipulación de la muestra, la RC obtuvo menor absorción y solubilidad en ambas soluciones de estudio a los 7 días de almacenamiento, lo que se puede suponer que la composición de una resina compuesta juega un papel importante, ya que la química de la solución podría alterar la estructura polimérica de los materiales. En el estudio de Rahim, et al. ¹⁵ evaluaron tres resinas compuestas y mostraron en la resina Z350 menor absorción y solubilidad en agua destilada que en gaseosa después de 40 días de inmersión; lo que difiere con este estudio que obtuvo numéricamente la RC menor absorción y solubilidad en bebida gaseosa en relación al agua destilada a los 30 días de almacenamiento.

Arregui ¹⁰ en su investigación encontró en los diferentes composites valores de absorción y solubilidad menores a lo establecido por la ISO 4049 en los tiempos de 1 a 4 semanas y 6 meses de inmersión; lo que difiere con el presente estudio a los 30 días de almacenamiento; y esto se podría deber a la distinta metodología usada en cuanto a las dimensiones de los especímenes y tiempo de fotocurado que fue mayor a la de este estudio.

Comparar los resultados de este estudio con estudios anteriores no es tarea sencilla, debido a las diferentes metodologías que son difíciles comparar como las dimensiones de las muestras, diferentes tiempos de evaluación y diferentes unidades de medida. Además se debe tener en cuenta que este estudio es in vitro el cual no se puede extrapolar hacia la práctica clínica, por lo que los resultados deben tomarse con cautela, pero nos da una idea de cómo se puede comportar un material restaurador en un ambiente y tiempo determinado.

V. CONCLUSIONES

- De forma general se encontró diferencias en la absorción y solubilidad de la resina compuesta (RC), cemento ionómero de vidrio modificado con resina (IV) y alkasite (ALK); pero sin diferencia significativa entre la resina compuesta (RC) y alkasite (ALK).
- Se encontró diferencias significativas en la absorción de agua por 7 días entre los materiales restauradores obteniendo el IV el valor más alto, mientras que el ALK tuvo el valor más bajo, seguido de RC.
- En cuanto a la solubilidad en agua por 7 días se encontró diferencias significativas entre los materiales restauradores obteniendo el ALK el valor más alto, mientras que la RC obtuvo el valor más bajo.
- Se encontró diferencias significativas en la absorción de agua por 30 días entre los materiales restauradores obteniendo el IV el valor más alto, mientras que el ALK obtuvo el valor más bajo, seguido de RC.
- En cuanto a la solubilidad en agua por 30 días se encontró diferencias significativas entre los materiales restauradores obteniendo el IV el valor más alto, mientras que el ALK obtuvo el valor más bajo, seguido de RC.
- Se encontró diferencias significativas en la absorción de bebida gaseosa por 7 días entre los materiales restauradores obteniendo el IV el valor más alto, mientras que el ALK obtuvo el valor más bajo, seguido de RC.
- En cuanto a la solubilidad en bebida gaseosa por 7 días se encontró diferencias significativas entre los materiales restauradores obteniendo la RC el valor más bajo, mientras que el IV y ALK obtuvieron valores superiores pero sin diferencia significativa.
- Se encontró diferencias significativas en la absorción de bebida gaseosa por 30 días entre los materiales restauradores obteniendo el IV el valor más alto, mientras que el ALK obtuvo el valor más bajo.

- En cuanto a la solubilidad en bebida gaseosa por 30 días se encontró diferencias significativas entre los materiales restauradores obteniendo el IV el valor más alto, mientras que el ALK y RC obtuvieron valores inferiores sin diferencia significativa.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar más estudios in vitro con un mayor tiempo de almacenamiento a la de este estudio debido a que un material se evalúa de acuerdo al tiempo de exposición.

Se recomienda también, evaluar otras variables como el tiempo de fotoactivación y tiempo de almacenamiento, dichas variables serían interesantes evaluar para entender mejor su comportamiento.

A partir de los hallazgos encontrados, se recomienda evaluar este nuevo material alcasite con otros materiales restauradores, sería interesante compararlos en futuros estudios y determinar su comportamiento en cuanto a la absorción y solubilidad en el tiempo; y relacionarlo con otras propiedades.

Se recomienda realizar estudios clínicos para contrastar los datos obtenidos en este estudio.

También, conocer la composición de un material restaurador y sus propiedades, para poder tener una idea de cómo el material seleccionado se podría comportar a través del tiempo. Además, de seguir lo que indica el fabricante, para esperar un buen rendimiento del material restaurador.

VII. REFERENCIAS BIBIOGRÁFICAS

1. Anusavice KJ. Phillips Ciencia de los materiales dentales. 11th ed. España: Elsevier; 2004.
2. Zeballos L, Valdivieso Á. Materiales dentales de restauración. Rev. Act. Clin. Med. 2013; 30:1498-504.
3. Barceló FH y Palma JM. Materiales dentales: conocimientos básicos aplicados. 3rd ed. México: Trillas; 2008.
4. Carrillo C, Monroy A. Materiales de resinas compuestas y su polimerización. Revista ADM. 2009; 65(4):10-17.
5. Xu Y, Zhang J, Wang H, Xie D. Preparation of a low viscosity urethane-based composite for improved dental restoratives. Dent Mater J. 2018; 37(3):400-407.
6. Ferracane JL. Resin composite-state of the art. Dent Mater. 2011; 27(1):29-38.
7. Sidhu SK and Nicholson JW. A review of glass-ionomer cements for clinical dentistry. J Funct Biomater. 2016; 7(3):16.
8. Todd JC. Scientific documentation: cention N. Ivoclar vivadent. 2016;:1-58.
9. Ferracane JL. Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer networks. Dent Mater. 2006; 22(3):211-222.
10. Arregui M. Cambio de color y absorción de agua de la nueva generación de composites fluidos, sometidos a diferentes temperaturas y sustancias pigmentantes durante 6 meses. [Tesis para obtener grado de doctor]. Barcelona: Universidad Internacional de Catalunya; 2015.
11. Macchi RL. Materiales dentales. 4th ed. Buenos Aires: Médica Panamericana; 2007.

12. Vaca MJ, Ceballos L, Fuentes MV, Osorio R, Toledano M, García-Godoy F. Sorción y solubilidad de materiales formulados con resina. *Av. Odontoestomatol.* 2003; 19(6):283-89.
13. Rosales-Leal JI, Castillo-Salmerón R, Molino-Serrano MA, et al. Effect of hygroscopic expansion of resin filling on interfacial gap and sealing: a confocal microscopy study. *J Adhes Dent.* 2013; 15(5):423-30.
14. Bociong K, Szczesio A, Sokolowski K, Domarecka M, Sokolowski J, Krasowski M, et al. The influence of water sorption of dental light-cured composites on shrinkage stress. *Materials (Basel).* 2017; 10(10):1142.
15. Rahim TN, Mohamad D, Md Akil H, Ab Rahman I. Water sorption characteristics of restorative dental composites immersed in acidic drinks. *Dent Mater.* 2012; 28(6):e63-70.
16. Leal JP, da Silva JD, Leal RFM, Oliveira-Júnior CDC, Prado VLG, Vale GC. Effect of mouthwashes on solubility and sorption of restorative composites. *Int J Dent.* 2017; 2017(5865691).
17. Melo RA, Bispo ADSL, Barbosa GAS, et al. Morphochemical characterization, microhardness, water sorption, and solubility of regular viscosity bulk fill and traditional composite resins. *Microsc Res Tech.* 2019; 82(9):1500-1506.
18. Lima RBW, Farias JFG, Andrade AKM, Silva FDSdCM, Duarte RM. Water sorption and solubility of glass ionomer cements indicated for atraumatic restorative treatment considering the time and the pH of the storage solution. *RGO, Rev Gaúch Odontol.* 2018; 66(1):29-34.
19. Mustafa R, Alshali RZ, Nick S. The effect of desiccation on water sorption, solubility and hygroscopic volumetric expansion of dentine replacement materials. *Dent Mater.* 2018; 34(8):e205-e213.
20. Severino RJG. Sorción y solubilidad del cemento ionómero de vidrio y el cemento ionómero de vidrio modificado con resina. [Tesis para obtener el título de Cirujano dentista]. Lima (Perú): Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2015.
21. International Organization for Standard. ISO 4049:2009. Dentistry-Polymer-based restorative materials. Geneva, Switzerland; 2009.
22. Moszner N, Fischer UK, Ganster B, Liska R, Rheinberger V. Benzoyl germanium derivatives as novel visible light photoinitiators for dental materials. *Dent Mater.* 2008; 24(7):901-7.

23. McCabe JF and Walls AW. *Applied Dental Materials*. 9th ed. Reino Unido: Blackwell Publishing; 2008.
24. Collares FM, Ogliari FA, Zanchi CH, Petzhold CL, Piva E, Samuel SM. Influence of 2-Hydroxyethyl Methacrylate Concentration on Polymer Network of Adhesive Resin. *J Adhes Dent*. 2011; 13(2):125-29.
25. Wei YJ, Silikas N, Zhang ZT, Watts DC. Diffusion and concurrent solubility of self-adhering and new resin-matrix composites during water sorption/desorption cycles. *Dent Mater*. 2011; 27(2):197-205.
26. Cattani-Lorente M, Dupuis V, Payan J, Moya F, Meyer J. Effect of water on the physical properties of resin-modified glass ionomer cements. *Dent Mater*. 1999; 15(1):71-8.
27. Park J, Eslick J, Ye Q, Misra A, Spencer P. The influence of chemical structure on the properties in methacrylate-based dentin adhesives. *Dent Mater*. 2011; 27(11):1086-93.
28. Fonseca AS, Labruna AD, de Albuquerque PP, de Menezes LR, Pfeifer CS, Schneider LF. Effect of monomer type on the C=C degree of conversion, water sorption and solubility, and color stability of model dental composites. *Dent Mater*. 2017; 33(4):394-401.
29. Gonulol N, Ozer S and Sen Tunc E. Water Sorption, Solubility, and Color Stability of Giomer Restoratives. *J Esthet Restor Dent*. 2015; 27(5):300-6.
30. Ilie N. Comparative effect of self- or dual-curing on polymerization kinetics and mechanical properties in a Novel, dental-resin-based composite with alkaline filler. Running title: resin-composites with alkaline fillers. *Materials (Basel)*. 2018; 11(1):108.
31. Fagundes TC, Toledano M, Navarro MF, Osorio R. Resistance to degradation of resin-modified glass-ionomer cements dentine bonds. *J Dent*. 2009; 37(5):342-47.
32. de Paula A, de Fúcio S, Alonso R, Ambrosano G, Puppini-Rontani R. Influence of chemical degradation on the surface properties of nano restorative materials. *Oper Dent*. 2014; 39(3):E109-17.
33. Veranes-Pantoja Y, Herrera-Kao W, Gutierrez-Mejias A, et al. Análisis comparativo de propiedades físico-químicas de composites dentales fotopolimerizados con dos tipos de lámparas. *Revista CENIC Ciencias Químicas*. 2015; 46:56-61.

34. de Moraes Porto I, da Neves L, de Souza C, et al. A comparative effect of mouthwashes with different alcohol concentrations on surface hardness, sorption and solubility of composite resins. *Oral Health Dent Manag.* 2014; 13(2):502-6.

VIII. ANEXOS

Anexo N° 1.

Ficha de recolección de datos para la absorción y solubilidad en agua de 7 y 30 días.

AGUA DESTILADA	Inicial (μg)	Dimensiones			7d	Estabil.	Absorción de agua ($m_2 - m_3$) / V	Solubilidad ($m_1 - m_3$) / V	30d	Estabil.	Absorción de agua ($m_2 - m_3$) / V	Solubilidad ($m_1 - m_3$) / V
		D (mm)	h (mm)	V (mm^3)								
RESINA	m_1				m_2	m_3	AB	SO	m_2	m_3	AB	SO
RC-01												
RC-03												
⋮												
RC-09												
RC-11												
IONÓMERO	m_1	D (mm)	h (mm)	V (mm^3)	m_2	m_3	Absorción de agua ($m_2 - m_3$) / V	Solubilidad ($m_1 - m_3$) / V			Absorción de agua ($m_2 - m_3$) / V	Solubilidad ($m_1 - m_3$) / V
IV-01												
IV-03												
⋮												
IV-09												
IV-11												
ALKASITE	m_1	D (mm)	h (mm)	V (mm^3)	m_2	m_3	Absorción de agua ($m_2 - m_3$) / V	Solubilidad ($m_1 - m_3$) / V			Absorción de agua ($m_2 - m_3$) / V	Solubilidad ($m_1 - m_3$) / V
ALK-01												
ALK-03												
⋮												
ALK-09												
ALK-11												

Anexo N° 2.

Ficha de recolección de datos para la absorción y solubilidad en bebida gaseosa de 7 y 30 días.

BEBIDA GASEOSA	Inicial (µg)	Dimensiones			7d	Estabil.	Absorción de agua (m ₂ - m ₃) / V	Solubilidad (m ₁ - m ₃) / V	30d	Estabil.	Absorción de agua (m ₂ - m ₃) / V	Solubilidad (m ₁ - m ₃) / V
		D (mm)	h (mm)	V (mm ³)								
RESINA	m ₁	D (mm)	h (mm)	V (mm ³)	m ₂	m ₃	AB	SO	m ₂	m ₃	AB	SO
RC-02												
RC-04												
⋮												
RC-10												
RC-12												
IONÓMERO	m ₁	D (mm)	h (mm)	V (mm ³)	m ₂	m ₃	Absorción de agua (m ₂ - m ₃) / V	Solubilidad (m ₁ - m ₃) / V			Absorción de agua (m ₂ - m ₃) / V	Solubilidad (m ₁ - m ₃) / V
IV-02												
IV-04												
⋮												
IV-10												
IV-12												
ALKASITE	m ₁	D (mm)	h (mm)	V (mm ³)	m ₂	m ₃	Absorción de agua (m ₂ - m ₃) / V	Solubilidad (m ₁ - m ₃) / V			Absorción de agua (m ₂ - m ₃) / V	Solubilidad (m ₁ - m ₃) / V
ALK-02												
ALK-04												
⋮												
ALK-10												
ALK-12												

Anexo N° 3.

En las siguientes tablas se observa la Prueba estadística de Shapiro-Wilk en los grupos de estudio ($p > 0.05$).

Tabla 12. Prueba estadística de Shapiro-Wilk para absorción de agua por 7 días

Tipo de material	Shapiro-Wilk		
	Estadística	df	Sig.
RC	0.942	6	0.679
IV	0.827	6	0.102
ALK	0.979	5	0.928

Tabla 13. Prueba estadística de Shapiro-Wilk para absorción de agua por 30 días

Tipo de material	Shapiro-Wilk		
	Estadística	df	Sig.
RC	0.893	6	0.333
IV	0.887	6	0.304
ALK	0.939	6	0.648

Tabla 14. Prueba estadística de Shapiro-Wilk para solubilidad en agua por 7 días

Tipo de material	Shapiro-Wilk		
	Estadística	df	Sig.
RC	0.827	6	0.101
IV	0.957	5	0.784
ALK	0.877	6	0.255

Tabla 15. Prueba estadística de Shapiro-Wilk para solubilidad en agua por 30 días

Tipo de material	Shapiro-Wilk		
	Estadística	df	Sig.
RC	0.988	6	0.984
IV	0.870	6	0.228
ALK	0.927	6	0.557

Tabla 16. Prueba estadística de Shapiro-Wilk para absorción de gaseosa por 7 días

Tipo de material	Shapiro-Wilk		
	Estadística	df	Sig.
RC	0.860	6	0.189
IV	0.958	6	0.807
ALK	0.803	6	0.062

Tabla 17. Prueba estadística de Shapiro-Wilk para absorción de gaseosa por 30 días

Tipo de material	Shapiro-Wilk		
	Estadística	df	Sig.
RC	0.753	6	0.021
IV	0.778	6	0.037
ALK	0.875	5	0.286

Tabla 18. Prueba estadística de Shapiro-Wilk para solubilidad en gaseosa por 7 días

Tipo de material	Shapiro-Wilk		
	Estadística	df	Sig.
RC	0.821	6	0.090
IV	0.879	6	0.267
ALK	0.943	5	0.685

Tabla 19. Prueba estadística de Shapiro-Wilk para solubilidad en gaseosa por 30 días

Tipo de material	Shapiro-Wilk		
	Estadística	df	Sig.
RC	0.852	6	0.164
IV	0.926	6	0.552
ALK	0.831	6	0.110

DECLARACIÓN JURADA

Por el presente documento, yo, César Alberto Pomacóndor Hernández, con DNI N° 41688810, Cirujano-Dentista con COP N° 22044, Especialista en Prostodoncia, Magíster y Doctor en Materiales Dentales, y con domicilio en el Jr. Mariscal Miller 1030 Dpto. 1603 – Jesús María, declaro bajo juramento, lo siguiente:

Que, como asesor e investigador RENACYT-CONCYTEC N° P0123277, la ejecución del experimento para la tesis "**Absorción y solubilidad de tres tipos de materiales restauradores almacenados en dos soluciones por tiempos diferentes**" de la Cirujano Dentista María Estela Márquez Lévano se realizó bajo mi supervisión usando la infraestructura de la Universidad Privada Juan Pablo II en el laboratorio montado por mi persona; por lo cual el vínculo fue directamente conmigo en mi calidad de Docente Investigador de tal casa de estudios. Declaro además haber llevado a cabo la orientación durante todo el proceso y periodo de tiempo establecido, cumpliendo con las especificaciones necesarias, como parte de las pruebas para optar su grado de Maestría en Odontología.

En ese sentido, manifiesto que lo antes mencionado corresponde a la verdad de los hechos, en señal de lo cual firmo el presente documento para los fines convenientes.

Lima, 14 de Setiembre del 2020



PhD. MSc. Esp. César A. Pomacóndor Hernández
COP N° 22044
E-mail: cpomacondorh@unmsm.edu.pe

Anexo N° 5.

Situación problemática

Los materiales restauradores han evolucionado con el tiempo y han sido ampliamente utilizados por los odontólogos, con el fin de reemplazar tejido dentario perdido y restituir la forma, función y estética del diente afectado. Existen diversos de materiales restauradores con propiedades fisicoquímicas y mecánicas diferentes, y que son necesarias para el buen comportamiento en el medio bucal.

Los materiales restauradores enfrentan diversas situaciones en la cavidad oral, entre ellas la absorción y la solubilidad. Son propiedades que influyen en la integridad y biocompatibilidad del material ⁹, y a pesar que la expansión del material que causaría la absorción de agua pueda ser beneficioso en cierta medida, el exceso de este sería perjudicial para el buen comportamiento en el medio oral. Los cambios que genera este fenómeno de absorción y solubilidad al contacto frecuente de diferentes soluciones o líquidos de consumo habitual deterioran la restauración; afectando la longevidad de la restauración y perjudicando al paciente. Por lo tanto, conocer mejor estas propiedades fisicoquímicas ayudaría al profesional odontólogo a complementar su decisión al momento de elegir un material restaurador definitivo, beneficiando a los pacientes que esperan de sus tratamientos con el tiempo, un bienestar.

Formulación del problema

¿Existe diferencia de absorción y solubilidad de tres tipos de materiales restauradores almacenados en dos soluciones por tiempos diferentes?

Objetivo general

Determinar la absorción y solubilidad de tres tipos de materiales restauradores almacenados en dos soluciones por tiempos diferentes.

Objetivos específicos

- Determinar la absorción de tres tipos de materiales restauradores almacenados en agua destilada por 7 días.
- Determinar la solubilidad de tres tipos de materiales restauradores almacenados en agua destilada por 7 días.
- Determinar la absorción de tres tipos de materiales restauradores almacenados en agua destilada por 30 días.
- Determinar la solubilidad de tres tipos de materiales restauradores almacenados en agua destilada por 30 días.
- Determinar la absorción de tres tipos de materiales restauradores almacenados en bebida gaseosa por 7 días.
- Determinar la solubilidad de tres tipos de materiales restauradores almacenados en bebida gaseosa por 7 días.
- Determinar la absorción de tres tipos de materiales restauradores almacenados en bebida gaseosa por 30 días.
- Determinar la solubilidad de tres tipos de materiales restauradores almacenados en bebida gaseosa por 30 días.

Hipótesis de la investigación

Hipótesis general

Existe diferencia de absorción y solubilidad de tres tipos de materiales restauradores almacenados en dos soluciones por tiempos diferentes.

Hipótesis específicas

H1 Existe diferencia de absorción de tres tipos de materiales restauradores almacenados en agua destilada por 7 días.

H2 Existe diferencia de solubilidad de tres tipos de materiales restauradores almacenados en agua destilada por 7 días.

H3 Existe diferencia de absorción de tres tipos de materiales restauradores almacenados en agua destilada por 30 días.

H4 Existe diferencia de solubilidad de tres tipos de materiales restauradores almacenados en agua destilada por 30 días

H5 Existe diferencia de absorción de tres tipos de materiales restauradores almacenados en bebida gaseosa por 7 días.

H6 Existe diferencia de solubilidad de tres tipos de materiales restauradores almacenados en bebida gaseosa por 7 días.

H7 Existe diferencia de absorción de tres tipos de materiales restauradores almacenados en bebida gaseosa por 30 días.

H8 Existe diferencia de solubilidad de tres tipos de materiales restauradores almacenados en bebida gaseosa por 30 días.

Variables de la investigación

- **Variable de distribución de la población:** Tipos de materiales restauradores
- **Variables Independientes:** Soluciones de inmersión
Tiempo de inmersión.
- **Variables Dependientes:** Absorción
Solubilidad

Operacionalización de variables

	VARIABLES	TIPO DE VARIABLES	CONCEPTUALIZACIÓN	INDICADOR	ESCALA	CATEGORÍA
VARIABLE DE DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN DE	Tipos de materiales restauradores	Cualitativa	Materiales utilizados para restaurar dientes en forma definitiva, con diferente composición y presentación.	Uso de materiales restauradores seleccionados	Nominal	Resina compuesta (RC)
						Cemento de ionómero de vidrio modificado con resina (IV)
						Alkasite (ALK)
INDEPENDIENTES	Soluciones de inmersión	Cualitativa	Líquidos que se utilizan para simular el envejecimiento de los materiales restauradores.	Uso de las soluciones seleccionadas.	Nominal	Agua destilada
	Tiempo de inmersión		Es un lapso donde los materiales son sometidos a prueba.	Días establecidos		Bebida gaseosa
						07 días
						30 días
DEPENDIENTES	Absorción	Cuantitativa	Proceso por el cual se difunde o penetra la sustancia en el material sólido.	Metodología ISO 4049, Microgramos de ganancia de masa entre el volumen.	Razón	$m_2 - m_3 / v$ ($\mu\text{g}/\text{mm}^3$)
	Solubilidad	Cuantitativa	Es la disolución de un material sólido en contacto con líquidos.	Metodología ISO 4049, Microgramos de pérdida de masa entre el volumen.	Razón	$m_1 - m_3 / v$ ($\mu\text{g}/\text{mm}^3$)

Matriz de consistencia

Absorción y solubilidad de tres tipos de materiales restauradores almacenados en dos soluciones por tiempos diferentes.

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	DISEÑO
<p>Problema General:</p> <p>¿Existe diferencia de absorción y solubilidad de tres tipos de materiales restauradores almacenados en dos soluciones por tiempos diferentes?</p> <p>Preguntas específicas:</p> <p>¿Existe diferencia de absorción de tres tipos de materiales restauradores almacenados en agua destilada por 7 días?</p> <p>¿Existe diferencia de solubilidad de tres tipos de materiales restauradores almacenados en agua destilada por 7 días?</p> <p>¿Existe diferencia de absorción de tres tipos de materiales restauradores almacenados en agua destilada por 30 días?</p>	<p>Objetivo General:</p> <p>Determinar la absorción y solubilidad de tres tipos de materiales restauradores almacenados en dos soluciones por tiempos diferentes.</p> <p>Objetivos Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Determinar la absorción de tres tipos de materiales restauradores almacenados en agua destilada por 7 días. - Determinar la solubilidad de tres tipos de materiales restauradores almacenados en agua destilada por 7 días. - Determinar la absorción de tres tipos de materiales restauradores almacenados en agua destilada por 30 días. 	<p>Hipótesis General:</p> <p>Existe diferencia de absorción y solubilidad de tres tipos de materiales restauradores almacenados en dos soluciones por tiempos diferentes.</p> <p>Hipótesis Específicas:</p> <p>H1 Existe diferencia de absorción de tres tipos de materiales restauradores almacenados en agua destilada por 7 días.</p> <p>H2 Existe diferencia de solubilidad de tres tipos de materiales restauradores almacenados en agua destilada por 7 días.</p> <p>H3 Existe diferencia de absorción de tres tipos de materiales restauradores almacenados en agua destilada por 30 días.</p>	<p>Variable de distribución de la población:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tipos de materiales restauradores <p>Variables Independientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Soluciones de inmersión - Tiempo de inmersión. <p>Variables Dependientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Absorción - Solubilidad 	<p>Uso de cada material restaurador pesados en microgramos de ganancia y pérdida de masa ($\mu\text{g}/\text{mm}^3$).</p>	<p>Es un estudio experimental in vitro, longitudinal y prospectivo.</p>

<p>¿Existe diferencia de solubilidad de tres tipos de materiales restauradores almacenados en agua destilada por 30 días?</p> <p>¿Existe diferencia de absorción de tres tipos de materiales restauradores almacenados en bebida gaseosa por 7 días?</p> <p>¿Existe diferencia de solubilidad de tres tipos de materiales restauradores almacenados en bebida gaseosa por 7 días?</p> <p>¿Existe diferencia de absorción de tres tipos de materiales restauradores almacenados en bebida gaseosa por 30 días?</p> <p>¿Existe diferencia de solubilidad de tres tipos de materiales restauradores almacenados en bebida gaseosa por 30 días?</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Determinar la solubilidad de tres tipos de materiales restauradores almacenados en agua destilada por 30 días. - Determinar la absorción de tres tipos de materiales restauradores almacenados en bebida gaseosa por 7 días. - Determinar la solubilidad de tres tipos de materiales restauradores almacenados en bebida gaseosa por 7 días. - Determinar la absorción de tres tipos de materiales restauradores almacenados en bebida gaseosa por 30 días. - Determinar la solubilidad de tres tipos de materiales restauradores almacenados en bebida gaseosa por 30 días. 	<p>H4 Existe diferencia de solubilidad de tres tipos de materiales restauradores almacenados en agua destilada por 30 días</p> <p>H5 Existe diferencia de absorción de tres tipos de materiales restauradores almacenados en bebida gaseosa por 7 días.</p> <p>H6 Existe diferencia de solubilidad de tres tipos de materiales restauradores almacenados en bebida gaseosa por 7 días.</p> <p>H7 Existe diferencia de absorción de tres tipos de materiales restauradores almacenados en bebida gaseosa por 30 días.</p> <p>H8 Existe diferencia de solubilidad de tres tipos de materiales restauradores almacenados en bebida gaseosa por 30 días.</p>			
---	--	---	--	--	--