

UNIVERSIDAD INCA GARCILASO DE LA VEGA

ESCUELA DE POSGRADO



MAESTRÍA EN ESTOMATOLOGÍA

TESIS

**COMPARACIÓN DE LA SORCIÓN ACUOSA Y SOLUBILIDAD DE UN
CEMENTO RESINOSO DE AUTOGRABADO Y UN CEMENTO RESINOSO
AUTOADHESIVO. UN ESTUDIO *IN VITRO*.**

Presentado por:

CD. RAISA JORDANA GERALDINE SEVERINO LAZO

Para optar el grado académico de:

MAESTRO EN ESTOMATOLOGÍA

Asesor:

Dr. CD. MARLON REMUZGO HUAMÁN

LIMA - PERÚ

2022

DEDICATORIA

A mis padres Fanny y Ruperto, quienes son el gran motor en cada paso que doy, el soporte y motivación para no desfallecer en el intento de cumplir mis sueños, alentándome con sus palabras y por sobre todo con su ejemplo.

A ti, que siempre estas a mi lado, acompañándome en cada paso con el recuerdo de tus palabras e historias, las cuales están grabadas perennemente en mi alma, por haber querido siempre lo mejor para mí, abuelo.

AGRADECIMIENTO

Mi más sincero agradecimiento a mi familia, amigos y a cada persona que contribuyo a su manera, con apoyo incondicional y palabras de aliento para culminar este trabajo

ÍNDICE

Carátula	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos.....	iii
Índice	iv
Índice de tablas.....	vi
Índice de figuras	vii
Índice de abreviaturas	viii
Resumen.....	ix
Abstract.....	x
Introducción	xi
CAPÍTULO I: FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN	1
1.1 Marco histórico.....	1
1.2 Marco teórico	5
1.3 Investigaciones	19
1.4 Marco conceptual.....	40
CAPÍTULO II: EL PROBLEMA, OBJETIVOS, HIPÓTESIS Y VARIABLES ...	42
2.1. Planteamiento del Problema	42
2.1.1 Descripción de la Realidad Problemática	42
2.1.2. Antecedentes teóricos	44
2.1.3 Definición del Problema	47
2.2. Finalidad y objetivos de la investigación.....	47
2.2.1 Finalidad.....	47
2.2.2. Objetivo General y Específicos	48
2.2.3 Delimitación del estudio	48
2.2.4 Justificación e Importancia del estudio.....	49
2.3. Hipótesis y variables	50
2.3.1 Supuestos Teóricos	50
2.3.2. Hipótesis principal y Específicas	52
2.3.3 Variables e Indicadores	53
CAPÍTULO III: MÉTODO, TÉCNICA E INSTRUMENTOS.....	55
3.1 Población y muestra	55
3.2 Diseño del estudio	57
3.3 Técnica e Instrumento de Recolección de datos.....	57
3.4 Procesamiento de datos	61
CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	63
4.1 Presentación de resultados	63

4.2 Contratación de hipótesis.....	78
4.3 Discusión de Resultados	82
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	98
5.1 Conclusiones	98
5.2 Recomendaciones	99
BIBLIOGRAFÍA.....	100
ANEXOS.....	110

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Descripción de los agentes cementantes utilizados en el estudio	55
Tabla N° 2. Análisis descriptivo de la Sorción Acuosa del Cemento Resinoso Autograbadador a los 7, 15 y 30 días.....	63
Tabla N° 3. Análisis descriptivo de la Sorción Acuosa del Cemento Resinoso Autoadhesivo a los 7, 15 y 30 días.....	64
Tabla N° 4. Análisis descriptivo de la Solubilidad del Cemento Resinoso Autograbadador a los 7, 15 y 30 días	65
Tabla N° 5. Análisis descriptivo de la Solubilidad del Cemento Resinoso Autoadhesivo a los 7, 15 y 30 días	66
Tabla N° 6. Análisis de Normalidad de la Sorción Acuosa del Cemento Resinoso Autograbadador y Autoadhesivo a los 7, 15 y 30 días.....	68
Tabla N° 7. Análisis de Normalidad de la Solubilidad del Cemento Resinoso Autograbadador y Autoadhesivo a los 7, 15 y 30 días.....	68
Tabla N° 8. Evaluación de la Sorción Acuosa del Cemento Resinoso Autograbadador y Autoadhesivo a los 7 días.....	69
Tabla N° 9. Evaluación de la Sorción Acuosa del Cemento Resinoso Autograbadador y Autoadhesivo a los 15 días.....	70
Tabla N° 10. Evaluación de la Sorción Acuosa del Cemento Resinoso Autograbadador y Autoadhesivo a los 30 días.....	71
Tabla N° 11. Análisis de la varianza de la Sorción Acuosa del Cemento Resinoso Autograbadador a los 7, 15 y 30 días.....	72
Tabla N° 12. Análisis de la varianza de la Sorción Acuosa del Cemento Resinoso Autoadhesivo a los 7, 15 y 30 días.....	72
Tabla N° 13 Evaluación de la Solubilidad del Cemento Resinoso Autograbadador y Autoadhesivo a los 7 días	74
Tabla N°14. Evaluación de la Solubilidad del Cemento Resinoso Autograbadador y Autoadhesivo a los 15 días	75
Tabla N°15. Evaluación de la Solubilidad del Cemento Resinoso Autograbadador y Autoadhesivo a los 30 días	76
Tabla N° 16. Análisis de la varianza de la Solubilidad del Cemento Resinoso Autograbadador a los 7, 15 y 30 días.....	77

Tabla N° 17. Análisis de la varianza de la Solubilidad del Cemento Resinoso Autoadhesivo a los 7, 15 y 30 días.....	77
---	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. Dimensiones de las muestras, acorde a la ISO 4049.....	58
Figura N° 2. Fabricación de los discos de cemento de resina según el protocolo de la ISO 4049.....	59
Figura N° 3. Sorción Acuosa del Cemento Resinoso Autograbadador a los 7, 15 y 30 días.....	64
Figura N° 4. Sorción Acuosa del Cemento Resinoso Autoadhesivo a los 7, 15 y 30 días	65
Figura N° 5. Solubilidad del Cemento Resinoso Autograbadador a los 7, 15 y 30 días	66
Figura N° 6. Solubilidad del Cemento Resinoso Autoadhesivo a los 7, 15 y 30 días	67
Figura N° 7. Evaluación de la Sorción Acuosa del Cemento Resinoso Autograbadador y Autoadhesivo a los 7 días.....	69
Figura N° 8. Evaluación de la Sorción Acuosa del Cemento Resinoso Autograbadador y Autoadhesivo a los 15 días.....	70
Figura N° 9. Evaluación de la Sorción Acuosa del Cemento Resinoso Autograbadador y Autoadhesivo a los 30 días.....	71
Figura N° 10. Sorción Acuosa del Cemento Resinoso Autograbadador y Autoadhesivo a los 7, 15 y 30 días	73
Figura N° 11. Evaluación de la Solubilidad del Cemento Resinoso Autograbadador y Autoadhesivo a los 7 días	74
Figura N° 12. Evaluación de la Solubilidad del Cemento Resinoso Autograbadador y Autoadhesivo a los 15 días	75
Figura N° 13. Evaluación de la Solubilidad del Cemento Resinoso Autograbadador y Autoadhesivo a los 30 días	76
Figura N° 14. Solubilidad del Cemento Resinoso Autograbadador y Autoadhesivo a los 7, 15 y 30 días	78

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

a.C.	: <i>antes de Cristo</i>	mm	: <i>Milímetros</i>
Bis-EMA	: <i>Bisfenol Etoxilado dimetacrilato</i>	nm	: <i>Nanómetros</i>
Bis-GMA	: <i>Bisfenol A glicerolato dimetacrilato</i>	p	: <i>Valor de significancia</i>
BMP	: <i>Fosfato ácido de bis (2-metacriloxietilo)</i>	Penta-P	: <i>Monofosfato de pentaacrilato de dipentaeritrol</i>
CR-AA	: <i>Cemento resinoso autoadhesivo</i>	pH	: <i>Potencial de hidrógeno</i>
CR-AG	: <i>Cemento resinoso autograbadador</i>	PMGDM	: <i>Dimetacrilato glicerol piromelítico</i>
D₃MA	: <i>Docecanodiol dimetacrilato</i>	r	: <i>Radio</i>
D.S.	: <i>Desviación estándar</i>	TEGDMA	: <i>Trietilenglicol dimetacrilato</i>
FDA	: <i>Administración de Medicamentos y Alimentos</i>	TMPTMA	: <i>Ácido trimetil oliopropano de trimetacrilato</i>
Fenil-P	: <i>Hidrogenofosfato 2-metacriloxietilfenilo</i>	Vol.	: <i>Volumen</i>
GDMA	: <i>Ácido glicildimetacrilato</i>	UDMA	: <i>Ácido dimetacrilato de uretano</i>
h	: <i>Altura</i>	µm	: <i>Micrómetros</i>
HEMA	: <i>Ácido hidroxietilmetacrilato</i>	µg/mm³	: <i>Microgramos por milímetros cúbicos</i>
ISO	: <i>Organización Internacional de Estandarización</i>	Wsl:	: <i>Valor de Solubilidad</i>
m₁,m₂,m₃	: <i>masa 1, masa 2, masa 3</i>	Wsp:	: <i>Valor de la Sorción Acuosa</i>
Máx.	: <i>Máximo</i>	\bar{x}	: <i>Media</i>
MDP	: <i>Dihidrogenofosfato 10-metacriloiloxidocilo</i>	π	: <i>Pi valor 3,1416</i>
Mín.	: <i>Mínimo</i>	4-META	: <i>4-metacril-oxi-etil-trimelitato anhídrido</i>
ml	: <i>Mililitros</i>		

RESUMEN

Las diversas investigaciones encontradas en la literatura científica reportan que el cemento resinoso autograbador y autoadhesivo poseen similitudes en sus propiedades físicas, químicas y mecánicas, como en sus indicaciones clínicas. La sorción acuosa es un proceso fisicoquímico que al igual que la solubilidad afectan a ambos cementos, en mayor o menor medida.

Es por ello que el objetivo del estudio fue comparar la sorción acuosa y solubilidad de un cemento resinoso autograbador (CR-AG) y autoadhesivo (CR-AA) a los 7, 15 y 30 días, *in vitro*, con la finalidad de brindar al odontólogo una herramienta para realizar una Odontología basada en evidencia científica.

En cuanto a la metodología, la investigación fue experimental, prospectiva y longitudinal. Se utilizó 45 discos de cada cemento resinoso (RelyX Ultimate™ y RelyX200™), distribuidos aleatoriamente en 3 subgrupos (n=15): 7, 15 y 30 días. La sorción acuosa y solubilidad fueron calculadas acorde a la norma ISO 4049 para estos materiales. Los datos fueron estadísticamente analizados con las pruebas ANOVA de un factor, post hoc Tukey y T-student para muestras independientes, ($p < 0.05$).

Los resultados indicaron diferencias estadísticamente significativas para la sorción acuosa y solubilidad entre ambos cementos. Ambos materiales interactúan con el agua, siendo el CR-AA quien presentó mayores valores de sorción acuosa y solubilidad; en cuanto a esta última variable el CR-AA fue el único que mostró un resultado positivo de solubilidad a los 7 días.

Finalmente se concluyó que todos los valores de sorción acuosa y solubilidad estuvieron por debajo de los valores umbrales propuestos por la norma ISO.

Palabras clave: Sorción, Solubilidad, Cemento de resina autograbador, Cemento de resina autoadhesivo.

ABSTRACT

Several investigations in the scientific literature report that self-etching and self-adhesive resin cements have similarities in their physical, chemical and mechanical properties, as well as in their clinical indications. Water sorption is a physico-chemical property as solubility, they affects both cements to a greater or lesser amount

For this reason, the aim of the study was to compare the water sorption and solubility of self-etching (CR-AG) and self-adhesive (CR-AA) resin cements at 7, 15 and 30 days, *in vitro*, in order to provide to the clinician with the tool to developed a dentistry based on scientific evidence.

Regarding the methodology, the study was experimental, prospective and longitudinal. Forty-five discs of each resin cement (RelyX Ultimate™ and RelyX200™) were distributed randomly into 3 subgroups (n = 15): 7, 15 and 30 days. The water sorption and solubility were calculated according to ISO 4049 for these materials. The data were statistically analyzed by one-factor ANOVA, post hoc Tukey and T-student tests for independent samples ($p < 0.05$).

The results indicated statistically significant differences for water sorption and solubility between both resin cements. Both materials interact with water. The CR-AA was the one which presented the highest water sorption and solubility values. Also, in the solubility test the CR-AA was the only one that showed a positive solubility result at 7 days.

Finally. It was concluded that all the water sorption and solubility values were below the threshold values proposed by the ISO.

Keywords: Sorption. Solubility. Self-etch resin cement. Self-adhesive resin cement.

INTRODUCCIÓN

Los cementos resinosos son ampliamente utilizados en los tratamientos clínicos del odontólogo por presentar una buena adhesión a la estructura dental, así como a las diferentes superficies de las restauraciones indirectas, además de sus propiedades físicas, mecánicas, químicas, ópticas y biocompatibilidad. Estos cementos son el resultado de los grandes avances que ha dado la Odontología en el desarrollo de mejores materiales que cumplan con los objetivos del clínico y a su vez con las grandes expectativas de los pacientes.

Los cementos resinosos debido a su composición química, ventajas, versatilidad y simplicidad de pasos, se han vuelto muy populares en el ámbito clínico, en especial los autograbantes y autoadhesivos.

El éxito clínico de las restauraciones indirectas se basa fuertemente en la etapa de cementación, y los fracasos pueden ser explicados por procesos como la sorción acuosa, solubilidad, microfiltración, entre otros. Por lo tanto, es importante entender estos mecanismos que sufren los cementos resinosos.

La presente investigación es un estudio *in vitro*, el cual compara la sorción acuosa y solubilidad de un cemento resinoso de autograbado y un cemento resinoso autoadhesivo, para ello se han seguido los siguientes aspectos:

Capítulo I: Fundamentos teóricos, se presentan los antecedentes históricos y teóricos, así como las investigaciones encontradas en la literatura científica, se describen las variables de investigación, lo que permite dar una base científica al trabajo de investigación realizado.

Capítulo II: El problema de investigación, objetivos, hipótesis y las variables; se realizó la descripción de la realidad problemática que junto a los antecedentes teóricos nos llevó a la formulación de las preguntas de investigación, así como al planteamiento de los objetivos, la delimitación de la investigación y la justificación e importancia de la misma. Se describió las variables de investigación y con base en las investigaciones previas se plantearon las hipótesis del estudio.

Capítulo III: Método, técnica e instrumentos, se determinó la población y muestra, el diseño metodológico de la investigación, así como la técnica y descripción del instrumento de investigación para el posterior procesamiento de los datos.

Capítulo IV: Presentación y análisis de los resultados, se procesaron los datos recolectados y se interpretaron los resultados, para la contrastación de hipótesis y discusión de los resultados.

Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones, en base a lo descrito en la investigación, se plantearon las conclusiones y recomendaciones para estudios futuros.

CAPÍTULO I: FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Marco histórico

A través de la historia de la Odontología, de la cual existen registros desde los 700 a.C., podemos observar cómo esta ciencia médica ha ido evolucionando, desde la utilización de alambres de oro para sujetar los dientes, hasta la digitalización en nuestro campo hoy en día.⁽¹⁾

Los materiales dentales, se han encontrado en constantes cambios y aún más acelerados en las últimas décadas, con el fin de cumplir las demandas de los pacientes y el clínico, tanto biomecánicas como estéticas.⁽²⁾

Así mismo, en el desarrollo de la Odontología con las restauraciones indirectas, hizo menester la creación de un material que pueda promover la unión entre la estructura dental y el material restaurador, a lo cual denominaron “agente cementante”.⁽³⁾

En el siglo XVIII, Jacques Guilleaume, se refirió a los cementos como “rellenos de dientes vacíos”, y en 1796 Friedrich Hirsch empezó a utilizar una pasta a base de materia inorgánica con el fin de “rellenar estos dientes vacíos”.⁽⁴⁾

En 1850, solo existía un cemento comercialmente disponible, el Óxido de Zinc y Eugenol, el cual ha tenido grandes cambios para conseguir una mejora en sus propiedades, desde reforzamiento con alúmina, metacrilatos y ácidos ortoxibenzoicos; sin embargo, es muy soluble en el medio intraoral.⁽⁵⁾

En 1877, aparece el cemento Fosfato de Zinc, con mucho éxito para la cementación de coronas metálicas, ya que presentaba una buena retención mecánica, pero una de sus desventajas era que producía sensibilidad pulpar.^(4,6)

En 1955, el Dr. Buonocuore, observa la adhesión de diferentes pinturas a estructuras metálicas, dando el primer paso para los trabajos en adhesión en Odontología, proponiendo así el protocolo de acondicionar mediante un ácido (ortofosfórico) la superficie de esmalte del diente, estos avances no fueron aceptados sino 20 años después, convirtiéndose hasta el día de hoy en uno de los protocolos más importantes en la Odontología restauradora.^(7,8)

En los años 60, se empezó a utilizar el cemento de Policarboxilato de Zinc, siendo un gran avance para la época, ya que este cemento tiene la capacidad de adherirse tanto al esmalte como a la dentina, además no causaba sensibilidad pulpar ya que se reemplazó el ácido ortofosfórico por ácido poliacrílico; sin embargo, aun persistían los problemas de microfiltración al igual que con su antecesor.⁽⁴⁾

Es así como los cementos dentales continúan evolucionando y aparece el Ionómero de vidrio, desarrollado en 1969 por Wilson y Kent, rompiendo paradigmas en la comunidad odontológica, ya que este cemento libera flúor, lo que le proporciona una capacidad bacteriostática, algo no visto antes en ningún cemento. Y hacia 1988, este material sufre modificaciones en su composición, adicionando algunas moléculas de las resinas compuestas, dando origen al cemento Ionómero de Vidrio modificado con resina, haciéndolo un cemento fotoactivado, mejorando el tiempo de trabajo para el clínico.^(4,9)

El Dr. Fusayama, en 1987, realizó estudios sobre la técnica de grabado total, los cuales también tardaron cerca de 10 años en ser aceptados completamente en la comunidad odontológica.⁽¹⁰⁾

En esta misma línea, aparecen los primers, para mejorar la adhesión entre la estructura dental y el cemento, estos último también mejoran sus propiedades como la fluidez y estética.⁽¹¹⁾

Poco después, aparecieron los cementos de resina con el objetivo de mejorar las propiedades de sus antecesores, este grupo de cementos tiene dentro de sus componentes un monómero, sílice, catalizadores químicos, así como fotoactivadores, y funcionan bajo el principio de generar retención química y micromecánica. Esto a través de la creación de una capa híbrida con tags más profundos, lo cual requería múltiples pasos como un grabado ácido del sustrato dental y el uso de un sistema adhesivo, además del acondicionamiento del material restaurador.^(12,13)

Luego Nakabayashi y Watanabe desarrollaron un sistema llamado de “autograbado”, con lo cual no se necesitaba utilizar el ácido ortofosfórico sobre la estructura dental.⁽⁵⁾

En el 2002, esto vuelve a cambiar con la aparición de los cementos resinosos autoadhesivos, los cuales simplifican aún más los pasos, ya que no necesitan grabar la superficie dental ni la utilización de un sistema adhesivo.^(12,14,15)

La cementación cumple dos objetivos trascendentales: el mantener la restauración unida en su lugar a la estructura dental, y el proteger a la estructura

dental remanente; para ello debe cumplir ciertos requisitos como la resistencia a la solubilidad, así como un espesor de película adecuado.⁽¹⁶⁾

Entonces, existe una cementación convencional y una cementación adhesiva, producto de la evolución de materiales, conceptos y beneficios de la adhesión.⁽¹⁷⁾

En la cementación convencional, se habla de un agente cementante formado por la mezcla de un polvo y un líquido, además un principio fundamental de esta cementación son las fuerzas retentivo-mecánicas, producto de la preparación que el clínico realiza sobre la estructura dental, con paredes axiales largas con ángulos convergentes de 6° idealmente, un hombro ancho, muchas veces a nivel infragingival, para esconder la terminación del material restaurador, metálico por lo general, y muchas otras veces con preparaciones adicionales para obtener una mayor retención de la restauración (cajas axiales, surcos de retención o slots de retención). Por lo que los cementos convencionales solo “rellenan” este espacio entre el material restaurador y la estructura dental, creando esta unión y fundamentándose en principios físicos.^(18,19)

Por otro lado, la cementación adhesiva, mayormente utilizada para restauraciones libres de metal, crea una unión química más que física. Esto puede verse reflejado en la transición del cemento ionómero de vidrio al cemento ionómero de vidrio modificado con resina, al incorporar elementos presentes en las resinas compuestas a su composición, con el objetivo de mejorar sus características y obtener mayores ventajas en la cementación. Es así, que muchos consideran éste el primer paso para el desarrollo de lo que hoy conocemos como cementos resinosos.^(9,12)

Sin lugar a duda, los cementos han evolucionado a pasos agigantados. Los cementos resinosos tienen la capacidad de adherirse mejor a las irregularidades de la estructura dental, formando enlaces químicos íntimos, lo que mejora su capacidad de retención y sellado marginal.⁽¹⁵⁾ Dentro de este grupo de agentes cementantes resinosos, existen algunos que tienen una activación química, otros mediante fotoactivación y los que poseen ambos tipos llamados duales.^(20,21) Así mismo, se les puede clasificar por la necesidad de utilizar un sistema adhesivo previo o no, y así nacen los cementos resinosos autograbadores y autoadhesivos, brindando al clínico diversas posibilidades a la hora de cementar una restauración y teniendo en cuenta diversos factores permitirán al clínico el éxito en los tratamientos a realizar.⁽²²⁾

1.2 Marco teórico

En las últimas décadas, la demanda por restauraciones estéticas por parte de los pacientes se ha incrementado, y la búsqueda del odontólogo por materiales biocompatibles y de fácil manipulación ha generado el desarrollo de éstos, poniendo un énfasis en los materiales para la etapa de cementación.^(2,9,23)

Se puede definir en Odontología un “agente cementante” a todo material que rellena la interfase entre la estructura dental y la restauración, manteniendo en su posición a la restauración y evitando que ingresen microorganismos que puedan degradar la estructura de soporte.⁽⁵⁾

Existen actualmente, diversos agentes cementantes, lo cual proporciona diversas alternativas para el clínico, sobre todo los que conforman el grupo de cementos resinosos; sin embargo, esto puede causar confusión sobre la

composición e indicaciones específicas de estos cementos resinosos, debido a su relativa novedad y la comparativa falta de disponibilidad de evidencia científica. Así mismo es probable que un gran número de odontólogos se encuentren aún más confundidos acerca de las indicaciones y expectativas de los llamados cementos de autograbado y de los autoadhesivos.^(24,25)

Entonces, la correcta elección del agente cementante es un paso en el cual el odontólogo debe enfocarse y darle la importancia debida, puesto a que condicionará significativamente la longevidad de la restauración, la preservación del remanente dental y por consiguiente el bienestar del paciente y satisfacción profesional.

1.2.1 CEMENTOS RESINOSOS

Los cementos resinosos tienen una alta capacidad de adhesión a múltiples sustratos, debido a su composición y algunos a la utilización de distintos tipos de sistemas adhesivos o acondicionantes.⁽²⁰⁾

Estos cementos requieren tener en claro sobre que sustrato vamos a trabajar y de que material es nuestra restauración, ya que ello va a ser un indicativo de la cantidad y complejidad de pasos a seguir en la etapa de cementación, además de cierta destreza al retirar los excesos y seguir el mismo protocolo que los actos operatorios con resinas compuestas, para evitar que el medio oral entre en contacto temprano con el material.^(2,18,21)

Tradicionalmente, los cementos tienen una presentación de polvo-líquido, esto cambia en los cementos resinosos, cuya presentación comercial puede ser en cápsulas o por lo general en presentación de jeringa de una o doble pasta con

un sistema de auto mezcla o sistema “clicker” para la obtención de la porción recomendada por el fabricante.

1.2.1.1 Composición

Los cementos resinosos presentan una composición similar a las resinas compuestas, es decir una matriz orgánica, inorgánica y un agente de unión.^(23,26,27)

La matriz orgánica está compuesta por monómeros de alto peso molecular que proporcionan rigidez y resistencia flexural, combinados con monómeros de menor peso molecular cuyo objetivo es obtener un mejor grado de conversión con una reducción de la contracción volumétrica.⁽²⁸⁾ En esta matriz también encontramos grupos ácidos monoméricos funcionales como grupos carboxílicos o fosfóricos, los cementos resinosos con este tipo de monómeros son ligeramente más hidrofílicos, y los utilizan para desmineralizar y facilitar la adhesión a la superficie dental.^(29,30)

La matriz inorgánica, también llamada “carga” o “relleno”, compuesta por partículas de vidrio de diferente naturaleza como estroncio, bario, aluminio, sílice, entre otras, mejoran las propiedades mecánicas, físicas, químicas y biológicas del material, ayudan a disminuir la contracción final de la polimerización, aumentan la dureza y resistencia al desgaste, inducen a una menor degradación del material, controlan la absorción de agua, reducen el coeficiente de expansión térmica, proporcionan radiopacidad, mejoran la manipulación e incrementan la estética.^(31,32) El contenido de la carga puede variar según el cemento, con un promedio entre 20-70% por volumen. El tamaño de partícula también varía entre

0,5-8 μm , y algunos cementos con micropartículas el tamaño promedio es de 40 nm.^(5,22,31)

El agente de unión actúa como enlace entre la matriz orgánica y la matriz inorgánica, otorgando cohesión al material. El agente de unión más utilizado es el silano, el cual posee una doble polaridad, es decir, actúa bifuncionalmente, ya que pueden reaccionar mediante enlaces de tipo covalente con la superficie orgánica y por enlaces iónicos a la superficie inorgánica, de esta manera este silano une químicamente el relleno a la matriz resinosa.^(23,33)

Los cementos resinosos tienen múltiples aplicaciones, idealmente para la cementación de restauraciones de cerámica, polímeros o resinas híbridas, pero también son utilizados para la cementación de restauraciones metálicas como una alternativa de los cementos convencionales (fosfato de zinc e ionómero de vidrio) sobre todo cuando las preparaciones de las coronas son cortas o cónicas, es decir no hay una retención mecánica suficiente, y para la cementación de postes en piezas con tratamiento de conductos.⁽³⁴⁾

1.2.1.2 Propiedades

Las propiedades de los cementos resinosos dependen principalmente de su composición química, de la cantidad y tipo de relleno, así como del grado de conversión de monómeros que alcanza el cemento.^(21,35,36)

Entre sus propiedades se reporta una menor viscosidad frente a los cementos convencionales lo que facilita la manipulación, permite una mejor adaptación y asentamiento de la restauración, resultando en un mejor sellado marginal, lo que

corresponde con sus bajos valores de microfiltración frente a los otros cementos.^(11,12,37)

Los cementos resinosos tienen una alta resistencia a las fuerzas de compresión y tracción, una baja solubilidad, alto grado de adhesión a la superficie dental y a las restauraciones, radiopacidad, gran estética por su capacidad de mimetización y opciones de color disponibles en el mercado.^(15,22,31,32)

Cuando el cemento resinoso no logra una adecuada polimerización, sus propiedades mecánicas, químicas, físicas y biológicas son afectadas, originando problemas como sensibilidad pulpar, citotoxicidad, microfiltración, susceptibilidad a la degradación, microfracturas, pérdida o cambios de color; los cuales afectan a la estructura dental y a la supervivencia de la restauración.^(11,21,32,33)

1.2.1.3 Clasificación

En la literatura se presentan diversas formas de clasificar a los cementos resinosos, sin embargo por fines metodológicos y acorde a la sistemática usada en los reportes científicos revisados, clasificaremos a los cementos resinosos según el Sistema Adhesivo que requieran previo a su utilización.^(15,30,38,39)

1.2.1.3.1 Cementos de grabado total (Etch & Rinse)

En este grupo, se ubican los cementos resinosos químicamente activados, fotoactivados, y ciertos cementos con doble activación, es decir duales.⁽²⁰⁾

Los cementos resinosos químicamente activados promueven mediante la mezcla de la pasta base con el catalizador una reacción peróxido-amina, responsable del proceso de polimerización. La conversión de monómeros a

polímeros se produce debido a que en su composición la amina terciaria funciona como donadora de protones y es considerada como un acelerador para la producción de radicales libres; sin embargo, esta misma amina terciaria es la que confiere una pobre estabilidad de color en el tiempo a estos cementos.^(5,27,40,41)

Están indicados para la cementación de postes, restauraciones no metálicas y metálicas; contraindicados para el sector anterior por su inestabilidad de color, lo que afecta la estética del tratamiento.⁽²⁾

Los cementos resinosos fotoactivados presentan en su composición una amina alifática como acelerador y un fotoiniciador por lo general la canforoquinona, la cual inicia el curado al recibir un haz de luz de una longitud de onda entre 460 a 480 nm, éste fotoiniciador va a depender de la patente en las diferentes marcas comerciales.^(5,33,42)

La onda de luz conduce a la canforoquinona a un estado de triplete, lo que le permite combinarse con dos moléculas de amina, formando un complejo fotoexcitado, el cual libera radicales libres que reaccionan con los enlaces dobles de carbono de los monómeros de metacrilato, produciendo la reacción de polimerización. Estos cementos permiten tener un mejor control sobre el tiempo de trabajo y fueron desarrollados para cementar restauraciones delgadas, que puedan permitir el paso de la luz, como son las carillas o restauraciones con un grosor máximo entre 0.8 - 1.2 mm.⁽²⁾

Cuando la luz no logra penetrar adecuadamente a través de la restauración la tensión entre las interfaces de la cerámica, cemento y la estructura dental se incrementa, la cerámica al ser más rígida que los otros componentes, puede

resultar con microfracturas o en fractura de la restauración, quedando el cemento susceptible a una hidrólisis y a un ataque bacteriano. Otro inconveniente de una polimerización incompleta es la liberación de un gran número de monómeros libres, es decir que la tasa de conversión de monómeros a polímeros disminuye, lo que altera las propiedades físicas y mecánicas de estos cementos, así como su biocompatibilidad, causando una posible irritación pulpar.^(16,21,33)

Diversos factores influyen en el éxito de la cementación con estos cementos resinosos foto-dependientes como el tiempo de exposición a la luz, la angulación y potencia de la fuente de luz, y las superficies que se exponen (vestibular, palatino, oclusal, lingual y proximal).^(5,43)

Dentro de sus ventajas se encuentra su gran estabilidad de color, la disponibilidad de colores y opacidades en el mercado, su fácil remoción de excesos, ya que el clínico puede controlar mejor el tiempo de trabajo y el fácil dispensado, ya que su sistema es de una pasta por lo que el riesgo de no obtener una homogenización de la mezcla es nulo.^(2,13,44)

En los cementos duales, la canforoquinona y la amina se encuentran en la pasta base, mientras que el peróxido de benzoilo se encuentra en la pasta catalizadora, al mezclarse se produce una formación dinámica de radicales libres y conversión del monómero a polímero.^(12,37,40,43)

Luego de colocar la restauración y retirar los excesos, el proceso de curado puede ser aumentado mediante la activación de los fotoiniciadores, lo que provoca una liberación de radicales libres, los cuales crean una red de metacrilato con cadenas cruzadas, en simples palabras se aumenta la tasa de

conversión de monómeros a polímeros; esta activación se realiza bajo una fuente de luz por un tiempo promedio de 20 segundos por superficie, va a depender de la potencia de la fuente de luz y del grosor de la restauración.^(11,21,40,45)

Mientras la fotoactivación brinda una estabilidad inicial, necesaria para resistir las tensiones clínicas, la activación química garantiza que las propiedades de estos cementos resinosos duales se mantengan a través del tiempo y donde la luz no ha podido penetrar.^(30,33,43,46)

Entonces, estos cementos resinosos antes de ser utilizados necesitan un sistema adhesivo, el cual a su vez requiere de un ácido previamente.⁽⁴⁷⁾

La utilización del ácido provoca una desmineralización de la hidroxiapatita en el caso del esmalte y en la dentina la formación de una capa parcialmente desmineralizada por la disolución de la apatita que cubre las fibras de colágeno de los túbulos dentinarios.^(22,47,48)

Posteriormente los monómeros del adhesivo, van a penetrar en los túbulos dentinarios formando la capa híbrida, término introducido por Nakabayashi, lo cual va a permitir adherir el cemento a la estructura dental por medio de las retenciones micro mecánicas creadas.^(18,34,49)

Algunos de estos sistemas adhesivos contienen un “primer” que remueve el barro dentinario y amplía los túbulos dentinarios logrando que los monómeros del adhesivo penetren con mayor facilidad y profundidad. Este primer contiene por lo general partículas de HEMA, que le dan la capacidad hidrofílica con la estructura dental e hidrofóbica con el adhesivo, es decir una bifuncionabilidad.^(11,50)

1.2.1.3.2 **Cementos de Autograbado** (Self-etch)

Estos cementos antes de ser utilizados requieren un sistema adhesivo autograbador, es decir que no necesitan de un ácido previamente.

Los adhesivos autograbadores poseen primers auto-acondicionantes que modifican el barro dentinario y al mismo tiempo por su naturaleza hidrofílica se introducen en los túbulos dentinarios para ayudar a formar la capa híbrida, este primer no se lava ni se polimeriza. Existen también adhesivos de autograbado de un solo paso, es decir el primer y el adhesivo propiamente dicho se encuentran en un solo frasco, por lo que su aplicación se simplifica.^(10,47)

Todos los cementos resinosos de autograbado son de naturaleza dual. Diversos autores reportan que únicamente una activación química no produce la conversión máxima posible de monómeros a polímeros, por lo que sugieren realizar una fotoactivación luego de haber asentado la restauración correctamente y retirado los excesos.^(16,30,46)

En el caso de RelyX™ Ultimate (3M ESPE), en la descripción del producto realizada por el fabricante, indica que el adhesivo a usar con este cemento es el Single Bond Universal, que puede utilizarse con el Scotchbond Universal Etchant, para incrementar aún más los valores de adherencia del adhesivo al sustrato dental.⁽⁵¹⁾

Estos cementos se caracterizan por su biocompatibilidad, una alta resistencia mecánica y excelentes propiedades fisicoquímicas. Están indicados para la cementación de inlays, onlays, coronas y puentes de cerámica completa, composite, metálicas, postes y sobre pilares para implantes.^(27,51)

1.2.1.3.3 **Cementos Autoadhesivos** (Self-adhesive)

Estos cementos antes de ser utilizados no requieren de ningún sistema adhesivo o auto-acondicionamiento previo.

Al igual que los cementos anteriormente descritos, los cementos resinosos autoadhesivos también son de naturaleza dual. Este grupo de cementos fueron desarrollados para superar las deficiencias de los cementos convencionales, así como la reducción de pasos clínicos, generando una simplicidad en la cementación, disminuyendo algún tipo de error en la técnica.^(40,49,52)

La adhesión de estos cementos sobre la dentina ha demostrado altos valores, sin embargo no sucede de la misma forma en el esmalte, esto podría deberse a la composición de estas estructuras, por un lado la dentina posee un 70% de materia inorgánica y un 18% de materia orgánica, mientras que el esmalte tiene un 90-95% de materia inorgánica y entre un 0,36-2% de materia orgánica. Estudios de ultra estructura evidencian que la presencia del barro dentinario impide que el cemento penetre en los túbulos dentinarios adecuadamente, otra posible explicación de la reducción en la fuerza de unión.⁽⁵³⁾

En la literatura científica, diversos autores sugieren que la capacidad de adhesión de los cementos resinosos autoadhesivos frente al esmalte, mejora cuando se utiliza un grabado previo. Frente a esta problemática, estos cementos han experimentados cambios en su composición química, lo que ha conllevado a que originen interfaces de unión sobre el esmalte más adecuadas, mejorando su fuerza de adhesión, estabilidad de color y mayor tasa de polimerización.^(12,22,29,48)

Los cementos resinosos autoadhesivos ofrecen una buena estética, óptimas propiedades físicas y estabilidad dimensional. Su alta viscosidad se debe al tamaño de las partículas de carga, que al estar bajo una determinada presión en el momento de mezcla logran integrarse mejor a los monómeros.^(17,37)

Si bien la composición de los cementos resinosos es similar a las resinas compuestas, los cementos autoadhesivos contienen una mayor concentración de grupos monoméricos ácidos, lo que los diferencia fundamentalmente. Esta matriz polimérica ácida, le otorga la capacidad de liberar iones de flúor debido a la disolución ácida parcial de partículas de relleno de vidrio solubles. Algunos cementos resinosos autoadhesivos no poseen estas partículas de vidrio, cuyo origen data de los cementos ionoméricos, pero han incluido fluoruro de sodio o alguna sal, que les provee aún la capacidad de liberar iones de flúor.^(25,38,54)

Entonces, uno de los componentes es un monómero mono, di, y/o multi-metacrilato, que se utiliza en una variedad de materiales a base de resina. Estos monómeros pueden ser Bis-GMA, UDMA, HEMA, GDMA, TEGDMA, TMPTMA, entre otros.^(14,25,30,33)

Los grupos de monómeros ácido-funcionales, recientemente utilizados para conseguir una desmineralización y adhesión a la superficie dental son todavía predominantemente monómeros de metacrilato con grupos ácido carboxílicos, como 4-META y PMGDM; o con grupos ácido fosfóricos, como fenil-P, MDP, BMP y Penta-P.^(25,29,30,38)

Existe una gran cantidad de nuevos grupos de monómeros ácidos, principalmente los basados en fosfatos y fosfonatos que se han desarrollado

específicamente para desmineralizar la superficie del esmalte y dentina, así como promover la formación estable de sales principalmente con calcio.^(25,55,56)

La concentración de monómeros ácidos en estos cementos debe ser equilibrada para ser lo suficiente baja para evitar la hidrofiliidad excesiva en el polímero final, pero lo suficientemente alta para conseguir un grado aceptable de autograbado y adhesión a la estructura dental.^(25,37)

Al mezclarse el cemento inicialmente es bastante hidrofílico, lo que facilita su humectación y adaptación a la superficie dental; pero, el material se vuelve más hidrofóbico a medida que avanza la reacción, el ácido-funcional es consumido por la reacción entre la hidroxiapatita del sustrato dental con la variedad de iones metálicos liberados por las partículas de relleno, los cuales son capaces de neutralizar el pH bajo inicial. Debido a estas reacciones químicas in situ, el cemento se vuelve más hidrófobo, lo cual minimiza la absorción de agua, la expansión higroscópica y la degradación hidrolítica.^(22,25,37,40)

Los rellenos usados se componen de una combinación seleccionada de vidrio de fluoroaluminoborosilicato de bario, vidrio de aluminosilicato de calcio y estroncio, cuarzo, sílice coloidal, fluoruro de iterbio y otras partículas de vidrio.^(25,31)

La disolución ácida parcial superficial de las partículas de vidrio soluble sirve para neutraliza la acidez de la resina y libera iones de sodio, calcio, silicato y fluoruro que pueden participar en la reacción de fraguado o ser liberados en el medio.^(25,47,57)

En el caso del Cemento resinoso autoadhesivo RelyX™ U200 (3M ESPE), el fabricante indica que tiene un 43% de partículas de relleno aproximadamente, con un tamaño de partícula de 12,5 µm. Está indicado para la cementación de inlays, onlays, coronas y puentes de cerámica completa, composite o metal, postes, sobre pilares de implantes, restauraciones de zirconio y óxido de aluminio.⁽⁵⁸⁾

1.2.2 SORCIÓN ACUOSA

El término sorción es definido como un proceso físico-química por el cual una sustancia retiene a otra cuando están en contacto, y que incluye a su vez los procesos de absorción, adsorción, intercambio iónico y diálisis.⁽⁹⁾

La adsorción es el proceso por el cual los átomos, iones o alguna otra molécula son retenidos en la superficie de una sustancia, por lo general un sólido. Esta teoría fue desarrollada por Langmuir, quien postuló que la superficie del adsorbente tiene un número fijo de lugares de adsorción, los cuales solo pueden retener una sola molécula. Mientras que las moléculas del adsorbato no se restringen a un solo lugar, sino que pueden cubrir toda la superficie del adsorbente.^(9,26)

Por otro lado, la absorción es el proceso donde una sustancia, por lo general un líquido, migra al interior del sorbente donde es retenida, causando alteraciones dimensionales (volumétricas).⁽⁹⁾

En el campo de los materiales resinosos, la sorción acuosa es un proceso de difusión controlada dentro de la matriz de resina, sobre todo de la parte orgánica,

que puede provocar una degradación o fractura del relleno con la matriz, originando una liberación de partículas de relleno e iones.^(21,26)

Para controlar y cuantificar la sorción acuosa de un material, se monitoriza su variación volumétrica, es decir la variación de masa que se registra con cambios en el peso del material durante un tiempo determinado.^(9,30)

1.2.3 SOLUBILIDAD

La solubilidad es definida como un proceso químico en el cual una cantidad máxima de soluto se disuelve en una cantidad de solvente a una temperatura determinada.^(9,59)

Esta propiedad está presente en todos los materiales de uso odontológico, y depende de la estructura del material, del medio a que es sometido y la velocidad de relación entre estas dos variables.^(9,26)

Los cementos deben poseer los valores más bajos de solubilidad, por ello se debe minimizar el espacio entre el margen del diente preparado y la restauración, de lo contrario, una mayor superficie del cemento quedará expuesta a fluidos orales o medios ácidos de la cavidad oral, lo cual ocasiona problemas de filtración bacteriana y una degradación de la estructura de soporte y del material.^(21,30)

Así también, una degradación de la superficie del cemento conduce a una formación más rápida de una biopelícula, lo que atrae a un gran número de microorganismos y que podría resultar en el inicio de una enfermedad periodontal.^(15,60)

En los cementos de resina, el volumen de agua absorbida va a depender de las características química y físicas de la red polimérica. Esto también determinará la resistencia a la degradación del material. La absorción de líquidos por compuestos conduce a otro proceso descrito que es la solubilidad. Esto ocurre cuando los monómeros sin reaccionar, como los iones y las partículas cargadas presentes en la composición, se liberan y en consecuencia provocan una pérdida de peso. Cuanto mayor sea la conversión monomérica y las densidades de reticulación de la matriz polimérica, mayor será la resistencia del material a sufrir estos procesos.^(21,40,61)

1.3 Investigaciones

1.3.1 Internacionales

Espíndola et al. (2020), describieron que las redes de polímeros en los cementos resinosos no son químicamente estables ni impermeables, ya que ciertos monómeros tienen naturaleza hidrofílica lo que conlleva a un efecto adverso en la estabilidad hidrolítica, produciendo una decoloración del material, deterioro mecánico, debilitamiento de red polimérica, degradación inducida por la tensión del cemento y que a su vez produce una descementación o fractura de la restauración.

Muchos factores pueden influir en la sorción del agua entre la red de polímeros, incluyendo el contenido de relleno y el volumen de la matriz de resina. Aunque son inherentes a los materiales poliméricos, la sorción y la solubilidad pueden influir en la biocompatibilidad, las propiedades mecánicas y la estabilidad del color de los cementos de resina, ya que la tinción puede ser causada por factores

intrínsecos (composición del material, activación) y extrínsecos (sorción de partículas del medio).

Reportaron que los cementos resinosos incluso después de la polimerización no son estables, y varios componentes, como los monómeros sin reaccionar, se liberan durante los primeros 7 días de inmersión en agua destilada. Además, el periodo de saturación alcanzado por los materiales resinosos puede variar entre los 7 y 60 días.

La sorción y la solubilidad son un fenómeno controlado por la difusión que se produce directamente en la matriz de la resina y parece estar relacionado con la composición del material y la concentración, el tamaño y el tipo de rellenos. La absorción de agua depende del grado de conversión, la movilidad de los monómeros y la hidrofilia. Y que además, los materiales con presencia de iones metálicos electropositivos en su composición (como bario y zinc) tienden a reaccionar con el agua, y según las especificaciones de la Asociación Americana Dental y de la ISO, la sorción y la solubilidad de cada material resinoso durante un periodo de almacenamiento de 7 días deben ser inferiores a $40 \mu\text{m}/\text{cm}^3$ y $7,5 \mu\text{m}/\text{cm}^3$.⁽⁴²⁾

Shibuya et al. (2019), en su estudio describieron que los cementos resinosos autoadhesivos contienen monómeros funcionales que les permiten adherirse a la estructura dental sin necesidad de un sistema adhesivo, uno de los monómeros funcionales más estables es el 10-MDP.

Evaluaron cementos resinosos autoadhesivos con diferentes proporciones de este monómero, encontrando que un menor porcentaje de este monómero obtenía menores valores de sorción, postulando que la sorción de agua de los

cementos de resina aumentó significativamente a medida que se incrementaba la concentración de 10-MDP; sin embargo no obtuvieron diferencias significativas en cuanto a los valores de solubilidad, al usar una mayor o menor cantidad de este monómero.⁽⁵²⁾

Furuse et al. (2018), en su estudio para evaluar el cambio de color causado por la conversión de monómeros post-radiación de cementos resinosos con doble activación, reportaron que los cementos de resina duales tenían mayor grado de dureza cuando la activación por luz se retrasaba durante 6 minutos. Además, la activación por luz retardada mostro resultados prometedores en la cementación de postes reforzados con fibra en los conductos radiculares. Una posible explicación que plantearon fue que al esperar un tiempo a que se produzca la activación química se obtendría un polímero de mejor calidad, dado que la activación lumínica inmediata aumentaría rápidamente la viscosidad del cemento. Este aumento de viscosidad disminuiría la flexibilidad de la cadena del polímero con la consiguiente disminución de la movilidad de la cadena y una menor tasa de conversión de monómeros, impidiendo que los cementos alcancen las propiedades deseadas.⁽³²⁾

Pan et al. (2018), reportaron que los cementos de resina autoadhesivos son más susceptibles a los daños acuosos y que en condiciones fisiológicas intraorales, procesos como la sorción, hidrólisis y fatiga pueden conducir a una degradación temprana del polímero en comparación con otros cementos resinosos. Así mismo la concentración de monómeros ácidos en los cementos resinosos autoadhesivos debe ser considerablemente baja para evitar una excesiva

hidrofilia en el polímero final, pero suficientemente alta para lograr la desmineralización del sustrato dental y conseguir una adhesión adecuada.

Luego de la mezcla inicial, los cementos resinosos autoadhesivos son bastantes hidrofílicos, lo que facilita sus condiciones de humectación y adaptación a la superficie del sustrato, no obstante, los materiales se vuelven más hidrofóbicos a medida que la funcionalidad de los monómeros ácidos se consume mediante la reacción con los iones de calcio del diente y debido a los efectos óxidos metálicos de las partículas de relleno.

A su vez se describió que los cementos de resina autoadhesivos poseen una tasa de polimerización más lenta, por ende, un menor grado de conversión al compararlos con otros cementos resinosos, además detectaron una degradación significativa de su superficie luego de 90 días inmersos en agua destilada.

La incapacidad de los cementos de resina autoadhesivos para controlar su hidrofilia puede provocar hinchamiento del material, comprometiendo la resistencia mecánica y estabilidad dimensional, esto traducido al campo clínico provoca un envejecimiento del cemento que podría conllevar al fracaso del tratamiento.

Reportaron que la sorción de moléculas de agua se podría describir en dos fases: en la primera una población de moléculas de agua fluctúa del cemento hacia el medio por el cambio de presiones, y en una segunda fase una población de las moléculas de agua queda atrapada en los microespacios de la red polimérica, por lo que postularon que un aumento del espacio libre podría conducir a un aumento en los valores de sorción acuosa. Así mismo, la obtención de valores negativos de solubilidad se describió como la capacidad de sorción de agua y la

elución de los monómeros no reactivos, ya que las moléculas de agua ocuparían espacios disponibles en la red polimérica o defectos morfológicos, y en consecuencia la construcción de la red no sufriría cambios significativos dimensionales, sin embargo, se podría producir un efecto plastificante del polímero disminuyendo su dureza con el paso del tiempo.

El agrietamiento y el desprendimiento del relleno de los cementos resinoso pueden conducir a la fractura marginal y a la microfiltración, lo que puede influir aún más en la tasa de supervivencia de las restauraciones indirectas.⁽³⁹⁾

Sokolowski et al. (2018), describieron que los materiales resinosos sufren cambios de contracción y expansión debido a la polimerización y a la sorción de agua, ya que ambos fenómenos deforman la unión entre el material y el sustrato. También reportaron valores menores de sorción de los cementos de resina autograbadores al compararlos con los cementos autoadhesivos, esto debido a la presencia de grupos hidroxilo, carboxilo y fosfato en los monómeros haciéndolos más hidrófilos.

Informaron que el monómero HEMA tiene una de las mayores hidrofiliidades entre los cementos resinosos, por lo que induce a una mayor sorción y a una expansión de la matriz polimérica, y que como consecuencia los valores de solubilidad también sean mayores, sin embargo también mencionaron que la compensación higroscópica depende de las características y demás componentes del material.⁽³⁶⁾

Bociong et al. (2017), evaluaron la influencia de la sorción de agua sobre el estrés de contracción de materiales resinosos, los cuales están constantemente interactuando con los fluidos orales, y que los procesos de sorción y solubilidad

son inherentes a estos materiales, el agua se difunde en el material y provoca una expansión gradual y un aumento del volumen del material, este fenómeno debería contrarrestar el estrés de contracción. La absorción de agua en la matriz de resina puede tener un efecto significativo en las dimensiones del material y provocar una presión radial.

Es así, que reportaron que la expansión higroscópica de estos materiales compensa la contracción de polimerización entre la primera y cuarta semana, sin embargo también advirtieron sobre una sobrecompensación que conduciría al fracaso del tratamiento, y que esto dependía de las características y composición del material.⁽²⁸⁾

Burey et al. (2017), evaluaron la porosidad de los cementos resinosos autoadhesivos y de los cementos resinosos de grabado total, encontrando que en los cementos resinosos autoadhesivos la presencia de hidróxido de Calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) dentro del catalizador influye en una mayor formación de porosidades, ya que al disociarse en iones de hidroxilo (OH^-) y calcio (Ca^+) deja espacios vacíos en la red polimérica, lo que es caracterizado como una superficie porosa, en la cual diversas moléculas del medio pueden quedar atrapadas.⁽⁴³⁾

Kim et al. (2017), reportaron que los monómeros ácidos de los cementos resinosos autoadhesivos reducen la tasa de conversión, lo que es un factor que dificulta una polimerización efectiva. La capacidad hidrofílica de estos cementos en un medio oral incrementa la posibilidad de disolución del material en el área marginal, donde se encuentra más expuesto, la sorción/solubilidad conllevaría a una degradación hidrolítica temprana lo que reduciría la vida útil de la restauración.

Los cementos de resina autograbadores por lo general se basan en monómeros como el Bis-GMA, TEGDMA, UDMA, que son básicamente hidrofóbicos, pero también poseen sitios hidrofílicos polares que sirven para llevar a cabo la reacción química del cemento y en el que las moléculas de agua pueden quedar atrapadas propiciando una leve hinchazón del material, sin embargo los cementos de resina autoadhesivos al tener monómeros funcionales ácidos poseen una mayor hidrofilia; por esta razón al compararlos luego de una inmersión de 60 días los investigadores reportaron menores valores de sorción y solubilidad para el cemento de autograbado, además en la solubilidad los monómeros residuales o partículas de relleno liberadas representan un factor potencial sensibilizador e irritante para los tejidos orales.

Los hallazgos de este estudio sugieren que los cementos resinoso autoadhesivos pueden sufrir una mayor degradación que los cementos de resina autograbadores en el entorno oral, especialmente cuando los materiales están parcialmente polimerizados por autocurado. Por lo tanto, los cementos resinosos autoadhesivos deben alcanzar su máxima tasa de conversión de monómeros para alcanzar una hidrofobicidad que les permita soportar tales desafíos intraorales.⁽⁵⁰⁾

Müller et al. (2017), realizaron una investigación para evaluar la prueba diseñada por la ISO 4049 para la sorción y solubilidad para cementos resinosos. Reportaron que las fallas de las restauraciones cementadas pueden explicarse por la absorción de agua, la solubilidad y la microfiltración de los cementos de resina. Cuando el agua degrada la interfase entre el relleno y la matriz, provoca una hinchazón y una disminución de las propiedades mecánicas, aunque

también hay otros sitios de degradación, como la propia matriz o el acoplamiento de silano entre la matriz y las cargas.

También encontraron que la cantidad de agua absorbida y el grado de rugosidad de la superficie causado por la degradación son responsables de la decoloración extrínseca causada por alimentos, bebidas y el cigarrillo, provocando resultados estéticos insatisfactorios. En su estudio plantean dos teorías que explican el proceso de sorción.

En una de las teorías, las moléculas de agua se difunden en los migro-gaps donde interactúan con la matriz de resina, lo que conduce a la degradación hidrolítica de la interfase relleno-matriz, esta teoría se denomina “enfoque de volumen libre”.

La segunda teoría propone que las moléculas de agua se unen a los grupos hidrófilos del cemento, lo que resulta en una expansión higroscópica y un aumento de peso, estos componentes hidrófilos, como los monómeros con grupos carboxílicos o grupos fosfato, aumentan la absorción de agua.

Además de la absorción de agua, puede producirse un proceso de solubilidad de los monómeros o partículas de relleno sin reaccionar y dañar potencialmente los tejidos humanos, concluyeron que los cementos con mayor porcentaje de relleno son los que absorben menos agua.

También reportaron que los cementos de resina autoadhesivos exhibieron valores de sorción más altos que los cementos de resina de autograbado, una posible explicación de estos hallazgos fue que los cementos de resina autoadhesivos incluyen una gran cantidad de grupos fosfato para desmineralizar

el diente, y son estos grupos fosfato los que se unen al agua. Mientras que los cementos de resina adhesivos de autograbado o de grabado total, contienen menos o ningún grupo fosfato porque el grabado con ácido fosfórico se realiza antes de la aplicación del cemento, y llegaron a la conclusión que existe una correlación entre la hidrofilia de una matriz de resina y su solubilidad.⁽³⁰⁾

Tavangar et al. (2017), encontraron que la resistencia a la compresión y la sorción-solubilidad de los cementos resinosos son dos factores asociados. La sorción y solubilidad causan la degradación del cemento, lo que lleva a una desintegración en los márgenes de las restauraciones. Clínicamente, la pérdida de la integridad marginal puede provocar consecuencias no deseadas, como filtraciones, decoloración marginal, caries secundaria, hipersensibilidad, liberación de sustancias tóxicas y, finalmente, puede provocar la descementación o la fractura de la restauración.

Reportaron que los cementos resinosos autoadhesivos presentaron mayores valores de sorción y solubilidad frente a los cementos de autograbado, pero menores frente a los cementos ionoméricos, atribuyeron estos resultados a la presencia del monómero HEMA y a los grupos ácido-monoméricos en la composición de los cementos resinosos autoadhesivos.

El agua es absorbida principalmente por la matriz polimérica, lo que conduce a la degradación hidrolítica, desconexión de los rellenos y ablandamiento de la matriz. Cuando la matriz de resina comienza a hincharse debido a la absorción de agua, los monómeros sin reaccionar y las partículas de relleno se desprenden la matriz, en consecuencia, las condiciones de humedad disminuyen la resistencia a la compresión final. Una alta resistencia a la compresión de los

cementos permite soportar las fuerzas masticatorias en la boca y aumenta la resistencia a la fractura de la restauración, especialmente en materiales frágiles como la cerámica. Asimismo, en el caso de los materiales a base de resina, se espera que las propiedades mecánicas de estos materiales mejoren significativamente después de 24 horas.⁽⁵⁶⁾

Torabi Ardakani M. et al. (2017), realizaron un estudio para evaluar el efecto del agua destilada y de agentes blanqueadores caseros y de consultorio en la sorción y solubilidad de cementos resinosos. Encontraron que la absorción de agua en la matriz de resina polimérica actúa como un plastificante que conduce a la desunión de la interfase entre el relleno y la matriz, y por ende a una degradación hidrolítica de la estructura de la matriz, lo cual se observó como una solubilidad del material debido a la pérdida de monómeros residuales y de las partículas de relleno. La degradación de la superficie produce una formación más rápida de una biopelícula que podría resultar en el inicio de caries secundaria e inflamación gingival.⁽¹⁵⁾

Giti et al. (2016), postularon que la integridad estructural y estabilidad dimensional son los factores clave para obtener éxito clínico y durabilidad de los cementos en la cavidad oral, y que el efecto del medio sobre la sorción y solubilidad dependía de la composición del material. Cuando los cementos resinosos se exponen a condiciones de humedad como el medio oral, monómeros o partículas sin reaccionar se degradan y los cementos pierden masa, sufren un proceso de solubilidad. La sorción que se produce en la red polimérica degrada hidrolíticamente la estructura de la red, desliga el relleno silanizado y en consecuencia influye en la solubilidad.

Así mismo describieron que la sorción de agua se produce principalmente en la red del polímero, y el agua absorbida actúa como plastificante que conduce a la degradación de la interfaz relleno-matriz, a la decoloración del material y a problemas estéticos en la restauración. Además, la solubilidad produce sustancias tóxicas como el formaldehído y el ácido metacrílico. La acumulación de estos productos junto con los monómeros residuales, los rellenos y los activadores residuales debidos a la polimerización puede ser peligrosa para los tejidos blandos orales.

La variación en la cantidad de monómeros ácidos influye en la sorción y la solubilidad y es probable que sea la causa de la diferencia detectada entre el cemento de autograbado y autoadhesivo. También se informó de una relación directa entre la sorción de agua y la solubilidad de la resina dental; la solubilidad aumentaba a medida que aumentaba la sorción de agua.

Así mismo, informaron que el pH juega un rol importante para los procesos de sorción y solubilidad, un pH ácido o bajo conllevan a una mayor sorción y solubilidad, ya que la matriz polimérica se vuelve más vulnerable a la hidrólisis y se potencia la liberación de monómeros. Los medios que contienen alcohol también tienen un efecto sobre la sorción y solubilidad, aumentando estos valores, y que colutorios con alcohol aumentan la solubilidad debido a la eficacia del etanol como disolvente de la red polimérica.

En la cavidad oral, las restauraciones suelen estar cerca del margen gingival y en contacto con los fluidos orales. Por lo tanto, la sorción de agua y la solubilidad de los cementos resinosos pueden tener consecuencias no deseadas durante el uso clínico, incluyendo la degradación del cemento, que puede conducir a la

fractura de la restauración, la filtración marginal y el riesgo de caries secundaria.⁽⁶⁰⁾

Nocca et al. (2015), investigaron el grado de conversión, liberación y citotoxicidad de los monómeros presentes en los cementos resinosos. Encontraron que la cantidad de monómeros liberados durante la polimerización en ausencia de una barrera cerámica o de resina fue significativamente menor que la liberada en presencia de una de estas barreras. Sin embargo, se liberó una mayor cantidad de monómeros en presencia de una barrera cerámica. Una explicación a este resultado es la energía para el proceso de fotopolimerización que disminuye durante el paso a través de los materiales debido al "fenómeno de dispersión de la luz". Esta liberación de monómeros se produjo en todos los materiales estudiados, lo que indujo a una ligera citotoxicidad (5-10%) en las células pulpares humanas.⁽¹⁶⁾

Petropoulou et al. (2015), un estudio in vitro, en el que compararon los procesos de sorción y solubilidad de cementos resinosos autograbadores, autoadhesivos y convencionales, ya que en el ambiente oral estos procesos afectan negativamente el desempeño clínico de los cementos a lo largo del tiempo, poniendo en riesgo la longevidad de la restauración. Encontraron que todos los materiales tenían una interacción con el agua, sin embargo, no encontraron diferencias significativas en la sorción entre el cemento resinoso autoadhesivo y los autograbadores, pero los autoadhesivos obtuvieron los valores más altos de sorción.

Dentro de los cementos resinosos autoadhesivos, uno de ellos tenía al monómero Bis-GMA, y el otro UDMA, este último obtuvo el menor valor de

sorción en comparación con su homólogo ($16.97 \pm 0.97 > 22.16 \pm 1.07$), y los cementos convencionales fueron quienes obtuvieron los valores más bajos de sorción (12.65 ± 0.84). Si encontraron diferencias estadísticamente significativas en los valores de solubilidad, el cemento resinoso autograbadador obtuvo el más alto valor (2.51 ± 73), el cemento autoadhesivo con la partícula de UDMA obtuvo una solubilidad negativa (-1.11 ± 0.73). Sin embargo, todos los valores de sorción y solubilidad de agua estaban por debajo de los valores umbral propuestos por la norma ISO.

Bajo condiciones orales, los márgenes de las restauraciones están constantemente lavadas por los fluidos orales. Por esto, la disolución de los cementos resinosos es un proceso continuo. Esta tasa de solubilidad es inicialmente rápida y decrece con el tiempo.

La sorción de agua dentro del cemento resinoso puede resultar en la degradación de la interfase matriz-relleno, hinchazón del polímero, plasticidad, reducción de la temperatura de la transición del vidrio, microfiltración de la red polimérica, reducción de la fuerza tensil y resistencia al desgaste.

La sorción y solubilidad además pueden inducir estrés a la degradación del material y esto afectar la adhesión y/o fracturar la restauración. También, pueden incrementar la microfiltración marginal y potenciar la aparición de caries recurrente. Además, los monómeros residuales sin reaccionar pueden causar reacciones adversas biológicas penetrando en los túbulos dentinarios y luego migrando a la pulpa.⁽²⁴⁾

Soares et al. (2014), reportaron que en los cementos resinosos autoadhesivos la activación de los monómeros ácidos confiere una mayor humectabilidad y un pH más ácido al inicio de la reacción, y en un segundo momento con la fotoactivación se producen polímeros de alto peso molecular que forman la red polimérica. La reacción ácida inicial desmineraliza e infiltra simultáneamente la superficie del esmalte y la dentina, pero esta reacción es posteriormente neutralizada por compuestos alcalinos en la mezcla, así como por los componentes inorgánicos de la estructura del diente.

La neutralización se produce debido a una reacción ácido-base, que en consecuencia genera sales y agua. El agua se reutiliza en las reacciones de los grupos funcionales ácidos y a medida que avanza la reacción de polimerización, los terminales hidrófilos reaccionan y se consumen, lo que lleva a la formación de una matriz hidrófoba.

Postularon que cualquier cambio en la estructura química de la matriz de resina puede causar alteraciones en las propiedades del material, además que los cementos de resina autoadhesivos son susceptibles al proceso de sorción como un proceso pasivo de difusión controlada que se produce gradualmente y que a posterior genera otro proceso que es el de solubilidad, sin embargo también postularon que mientras mayor sea la tasa de conversión de monómeros a polímeros, la densidad de la red polimérica será mayor y por ende el material tendrá una mejor resistencia a la solubilidad.⁽²¹⁾

Marghalani H. (2012), evaluó las características de sorción y solubilidad y los cambios en los porcentajes de masa de cementos resinosos autoadhesivos inmersos en agua destilada y ácido láctico in vitro. Encontró diferencias

estadísticamente significativas en los valores de sorción y solubilidad para los dos tipos de medios de inmersión estudiados. Concluyó que las características de sorción y solubilidad pueden estar influenciadas por la diferencia en la composición química, principalmente en la matriz de resina de los diferentes cementos estudiados, lo cual relacionó con uno de los cementos que en su composición tenía moléculas de UDMA, 4-META, éster de ácido fosfórico y que inmerso en agua destilada reportó los valores más altos de sorción y solubilidad, además bajo un estereomicroscopio su superficie presentó microfracturas a diferencia de los otros cementos, los cuales aún presentaban una superficie homogénea luego de la inmersión.

Además, reportó que la sorción y la solubilidad pueden influir en la resistencia, biocompatibilidad, estabilidad dimensional y de color del cemento. Sin embargo, señaló que una ligera sorción de agua puede tener un efecto esencial en la compensación de la contracción de polimerización, aliviando así las tensiones internas creadas durante la contracción y posiblemente mejorando el sellado marginal al disminuir los micros espacios.

Los procesos de sorción y solubilidad pueden servir como razones para varios efectos deletéreos sobre las otras propiedades de los cementos resinosos. Los restos alimenticios, los fluidos químicos y la placa dental afectan la estabilidad de los materiales a base de resina. Las propiedades de la mayoría de los cementos de resina pueden verse afectadas negativamente por la humedad de los fluidos que se encuentran en la cavidad bucal.

Reportó que durante los primeros 7 días, los componentes principales de los cementos resinosos son liberados como monómeros o partículas de relleno

residuales sin reaccionar. Además, informó que la mayoría de los materiales resinosos alcanzaron la saturación en un plazo de 7 a 60 días.

El proceso de solubilidad de un material resinoso refleja la cantidad liberada de monómeros y oligómeros residuales sin reaccionar, así como partículas e iones de carga, que son degradados por una solución o disolvente, dando como resultado una pérdida de peso.

Por el contrario, la sorción de disolvente puede conducir al hinchamiento de la matriz de resina produciendo un aumento de peso. El disolvente se difunde en la red de resina y separa las interacciones de las cadenas de polímero, lo que da como resultado una expansión. Así mismo, puede entremezclarse con la matriz polimérica físicamente por plastificación y químicamente por hidrólisis y degradación. Esto genera una acumulación de tensiones que resulta en daños en la interfase matriz-relleno al inducir el agrietamiento y la formación de micro-gaps que actúan como depósitos de disolvente microscópicos.

Los monómeros sin reaccionar de estos cementos resinosos pueden absorber rápidamente el disolvente dando como resultado el ablandamiento del polímero y el debilitamiento de la red polimérica, lo que facilitará la extracción del relleno dando como resultado la liberación de las partículas del material y finalmente, reduciendo las propiedades mecánicas.⁽⁶²⁾

Rodrigues et al. (2012), caracterizaron los componentes inorgánicos mediante un microanálisis de espectroscopia de rayos X de dispersión de energía y la morfología de las partículas de relleno por microscopía electrónica, de cementos resinosos convencionales, autoadhesivos y autograbadores. Encontraron que

los cementos autoadhesivos contenían un tamaño de partícula de relleno más grande que los cementos de cementación de resina convencionales. También observaron que en uno de los cementos resinosos autoadhesivos se mostraban agregados esféricos e irregulares de varios tamaños, esta mezcla de partículas de diferentes tamaños promueve la reducción del espacio en la formación de la red polimérica, promoviendo efectos positivos sobre las propiedades mecánicas.⁽²⁰⁾

Ferracane et al. (2011), reportaron que la selección de la estructura ácida del monómero del cemento resinoso autoadhesivo es crítica, ya que propicia la formación de un fuerte complejo acuoso insoluble de sales entre el calcio y la relativa hidrofobia del MDP, mientras el 4-META y fenil-P producen un complejo cálcico con una estabilidad más limitada a la disolución, esto explicaría en parte el proceso químico de solubilidad de estos cementos. Además, un carácter hidrofílico excesivo de los monómeros ácidos puede causar mayor retención de moléculas del medio, y una tumefacción del material que puede comprometer las propiedades mecánicas así como la estabilidad dimensional, lo cual manifiesta que el grado de sorción acuosa va a depender en gran medida de la composición del cemento y su vez bajo las condiciones de su aplicación.⁽²⁵⁾

Ghazy M. et al. (2010), reportaron que una óptima precisión marginal y un sellado marginal a largo plazo son requerimientos críticos clínicos para el éxito de las restauraciones. En su estudio, describieron que el cemento resinoso autoadhesivo en los primeros días, es quien obtiene valores mayores de solubilidad con respecto a los cementos resinosos de autograbado y de grabado total, además extrapolaron sus resultados y reportaron que los cementos de

resina autoadhesivos generan una mayor tasa de microfiltración; sin embargo, al cabo de 6 días no encontraron diferencias estadísticamente significativas, por lo que postularon que estas diferencias se dan en mayor concentración dentro de las 48 horas post cementación.⁽¹⁷⁾

Sideridou et al. (2008), evaluaron la influencia de la sorción de agua y etanol en los cambios volumétricos dimensionales de materiales con una matriz de resina. De acuerdo con las pautas de la FDA (Estados Unidos), una solución de etanol agua al 75% en volumen es un simulador de alimentos recomendado y puede considerarse clínicamente relevante. Reportaron que el aumento de volumen debido a la absorción de agua tuvo el siguiente orden: poli-TEGDMA > poli-Bis-GMA > poli-UDMA > poli-Bis-EMA > poli-D₃MA. Por el contrario, el orden en la solución de etanol fue poli-Bis-GMA > poli-UDMA > poli-TEGDMA > poli-Bis-EMA≈poly-D₃MA. Esto se tradujo en la importancia en la elección de los monómeros para la preparación de la matriz de resina.

Los cambios dimensionales de los compuestos de resina durante y después del fraguado son motivo de preocupación para los odontólogos. Se ha demostrado clínicamente que la inestabilidad dimensional a largo plazo puede provocar dolor posoperatorio, rotura marginal de las restauraciones y fractura de dientes, esta estabilidad dimensional se ve afectada por la contracción de la polimerización, la contracción térmica, la expansión y la interacción con un entorno oral acuoso.

La acción del disolvente y la absorción de este provocan dos procesos opuestos. El disolvente extraerá los componentes que no hayan reaccionado, principalmente el monómero, lo que provocará contracción, pérdida de peso y reducción de las propiedades mecánicas. Por el contrario, la absorción del

disolvente conduce a un hinchamiento del material y a un aumento de peso, así el solvente se difunde en la red de resina y separa las cadenas, creando expansión. Sin embargo, dado que la red de resina contiene micro-gaps creados durante la polimerización, una parte del solvente se aloja sin crear un cambio de volumen. Por lo tanto, el cambio dimensional de un compuesto de resina en un disolvente es complejo y difícil de predecir y depende de la estructura química de la resina.⁽⁶¹⁾

Han et al. (2007), evaluaron diversas propiedades físicas y la degradación superficial de cementos de resina autoadhesivos. Encontraron que las propiedades mecánicas como la resistencia a la compresión, dureza, resistencia flexural y módulo elástico se incrementan con la cantidad de relleno, mientras que la contracción de la polimerización disminuye.

Por otro lado, reportaron que los cementos resinosos autoadhesivos poseen una alta resistencia a la solubilidad, sin embargo, la liberación de partículas y la disolución de la matriz, podría ser explicado por la descomposición de los componentes hidrofílicos de la matriz, otra posible explicación que encontraron fue la débil unión entre las partículas de cemento y la matriz resinosa, esto debido a una alta susceptibilidad del fluoroaluminosilicato a la humedad, debido a que los compuestos de metacrilato de la matriz de resina son fáciles de hidrolizar, consecuentemente la adhesión de las partículas a la matriz es destruida por hidrólisis.⁽¹³⁾

Pace et al. (2007), esta investigación evaluó las diferencias en la resistencia a la flexión de cementos de resina de autograbado y autoadhesivos en función de la edad de la muestra y las condiciones de almacenamiento. Dentro de su

investigación reportaron la hipótesis que la sorción de agua provoca un ablandamiento de la matriz resinosa del polímero, al hinchar la red y reducir las fuerzas de fricción entre las cadenas de polímero. Una vez que la red se satura de agua y se ablanda, la estructura compuesta se estabiliza y no hay más reducción de sus propiedades dentro del período de tiempo estudiado (30 días).

Esta reducción limitada de las propiedades proporciona evidencia de que la degradación adicional, como la hidrólisis en la interfase entre las partículas de relleno y la matriz de resina o el agrietamiento de la matriz polimérica, puede estar ausente o no continuar significativamente una vez que el material compuesto se ha saturado y permanece húmedo. Las diferencias entre los cementos disminuyen después del envejecimiento en agua, lo que puede deberse a una polimerización residual o un efecto plastificante por absorción de agua.⁽²⁷⁾

Ferracane J. (2006), reportó que los polímeros usados en los materiales dentales dependiendo de su estructura y composición química pueden ser susceptibles en diferentes grados a los efectos higroscópicos e hidrolíticos. Los procesos de sorción y solubilidad pueden servir como precursores de una variedad de procesos químicos y físicos que crean preocupaciones biológicas y producen efectos nocivos, al liberar componentes sin reaccionar a corto plazo y productos de degradación a la cavidad oral a largo plazo. Estos efectos pueden incluir cambios volumétricos como hinchazón, cambios físicos como plastificación y ablandamiento y cambios químicos como oxidación e hidrólisis.

Según el tipo de monómero presente, reportaron una sorción de agua en el siguiente orden: TEGDMA > Bis-GMA > UDMA > HMDMA. Esta diferencia se

explica por la presencia de enlaces éter hidrófilos en TEGDMA, grupos hidroxilo en Bis-GMA, enlaces uretano en UDMA y la presencia de grupos éster en todos, incluido el HMDM.

El agua entra en la red de polímeros a través de la porosidad y los espacios intermoleculares. El grado y la tasa de sorción de agua dependen de la densidad de la red de polímero y el potencial de enlaces de hidrógeno e interacciones polares. La solubilidad conlleva a la degradación de monómeros y oligómeros sin reaccionar, así como de iones de las partículas de relleno. Además, identificaron subproductos de degradación, como el ácido metacrílico, el formaldehído, todos estos productos son vertidos al medio oral, dependiendo de la concentración y el tiempo de exposición, pueden provocar efectos nocivos.⁽⁶³⁾

Toledano et al. (2003), realizaron un estudio para evaluar la sorción y solubilidad de diferentes materiales de resina. Los valores de sorción de agua y solubilidad alcanzados estuvieron influenciados principalmente por el tipo genérico del material y las variaciones que ocurren entre materiales del mismo tipo pueden resultar de diferencias en las composiciones de la matriz de resina.

El agua absorbida por la matriz polimérica podría provocar la desunión de la matriz de relleno o incluso la degradación hidrolítica de los rellenos, afectando las propiedades mecánicas. La degradación hidrolítica es el resultado de la rotura de enlaces químicos en la resina o del ablandamiento por la acción plastificante del agua. Cuando las muestras de resina se sumergen en agua, algunos de los componentes, como los monómeros que no han reaccionado o el relleno, se disuelven y se liberan de las muestras. Esto da como resultado una pérdida de peso y se puede medir como solubilidad. Varios factores contribuyen

al proceso: monómeros sin reaccionar, química del solvente, tamaño y composición química de las moléculas.

La liberación de estos componentes puede influir en el cambio dimensional inicial, el rendimiento clínico, el aspecto estético y la biocompatibilidad del material. Describieron dos mecanismos diferentes; el primero es la absorción de agua que produce un aumento de peso y el segundo es la disolución de materiales (cargas o monómeros) en agua, lo que lleva a una reducción de peso de las muestras acondicionadas finales.⁽⁶⁴⁾

1.4 Marco conceptual

- **Cemento:** también llamado “agente cementante”, material que rellena la interfase entre la estructura dental y la restauración, asegurando la posición fija de la restauración y actuando como barrera de la filtración bacteriana para evitar la degradación de la estructura de soporte.
- **Cemento resinoso dual:** tipo de cemento resinoso que posee una doble activación, química y de fotoactivación, que puede llegar a auto-polimerizar sin la ayuda de la activación de luz, pero que no es recomendable.
- **Cemento resinoso autograbador:** agente cementante que previo a su aplicación requiere un sistema adhesivo de autograbado, el cual no necesita del grabado ácido del sustrato.
- **Cemento resinoso autoadhesivo:** agente cementante que previo a su aplicación no requiere ningún sistema adhesivo o de acondicionamiento del sustrato.

- **Sorción acuosa:** es un proceso fisicoquímico por el cual un compuesto retiene moléculas de agua en su interior en contacto con el medio al que es expuesto en un tiempo determinado, y que se puede cuantificar por la variación de pesos.
- **Solubilidad:** es la cantidad máxima que se puede disolver un compuesto en un medio determinado bajo una temperatura constante, la cual se puede cuantificar por una diferencia de pesos, sobre el volumen inicial del compuesto antes de ser expuesto al medio.

CAPÍTULO II: EL PROBLEMA, OBJETIVOS, HIPÓTESIS Y VARIABLES

2.1 Planteamiento del Problema

2.1.1 Descripción de la realidad problemática

Durante las últimas décadas, la odontología ha atravesado grandes cambios, una de las razones es la evolución de los diferentes materiales que se utilizan en la práctica clínica, así como en la filosofía de una odontología menos invasiva, que confía en la adhesión. Al existir una diversidad de nuevos materiales, es comprensible que para el clínico existan dudas sobre los materiales que debe emplear para los diferentes casos de la práctica clínica. Uno de los campos donde surgen más interrogantes es en el área de Rehabilitación Oral y Restauradora.

Con respecto a la cementación de restauraciones indirectas, existen diversos materiales para poder lograr un mismo objetivo de tratamiento y la aplicación varía de acuerdo a los conocimientos del clínico, al sustrato y al material de la restauración que se vaya a utilizar en el tratamiento seleccionado, algunos de estos materiales son relativamente nuevos, y comparten algunas indicaciones entre ellos, lo que puede resultar, a veces, confuso para el clínico.

Un objetivo claro en el tratamiento restaurador es conseguir una óptima adhesión entre la restauración y el remanente dentario, numerosos agentes de cementación se han desarrollado a lo largo de los años, dentro de sus propiedades además de una excelente adhesión, brindan longevidad a la restauración, garantizan un mejor sellado marginal, evitando que los

microorganismos y/o saliva del medio oral puedan penetrar por estos micro gaps y conduzcan al fracaso del tratamiento.

Uno de estos materiales son los cementos resinosos, los cuales han experimentado una evolución acelerada, mejorando sus propiedades y aplicación, ya que su objetivo es conseguir la mejor adhesión posible entre el remanente dentario y la restauración.

Al tener diferentes sustratos, como esmalte, dentina o algún material restaurador como resina, estos cementos resinosos difieren en su composición y en los pasos previos a su uso, así, los cementos resinosos de autogrado utilizan un sistema adhesivo de autogrado y los cementos resinosos autoadhesivos no necesitan la utilización de ningún sistema adhesivo; sin embargo, para ambos casos, diversos estudios han reportado que al trabajar sobre esmalte es recomendable la realización de un grabado previo ya que esto aumenta los valores de adhesión.

Estos materiales en el medio intraoral sufren diversos procesos químico-físicos, como la sorción acuosa y solubilidad, en mayor o menor medida dependiendo del material, lo que deriva en muchos casos a una degradación propia del mismo, afectando sus propiedades, por ende la supervivencia y el éxito del tratamiento.

El presente estudio busco determinar y comparar la sorción acuosa y solubilidad de un cemento resinoso autogrador y de un cemento resinoso autoadhesivo, ya que estos agentes poseen similares indicaciones, pero su composición y propiedades difieren, obteniendo así toda la información necesaria para tomar la mejor decisión en la práctica clínica y lograr el éxito del tratamiento.

2.1.2 Antecedentes teóricos

El éxito clínico de las restauraciones depende en gran medida del proceso de cementación.⁽³⁵⁾

Los cementos de resina se utilizan ampliamente como agentes de cementación debido a su capacidad mejorada para unir la superficie del diente a las restauraciones indirectas, además de proporcionar un mejor sellado marginal, una buena capacidad de retención y poseen propiedades físicas y mecánicas adecuadas. También se ha demostrado que aumentan la resistencia a la fractura de las restauraciones y proporcionan resultados estéticos óptimos.^(22,42,65)

Las propiedades de los cementos de resina dependen de la estructura del polímero y del grado de conversión del monómero, que están estrictamente relacionados con la polimerización efectiva.^(16,32,39,45)

Los cementos de resina han sido clasificados por el uso de un sistema adhesivo previamente a su aplicación. Tenemos así a los cementos resinosos de grabado total, de autograbado y autoadhesivos.^(11,36,60)

Los cementos resinosos de grabado total requieren un grabado con ácido fosfórico, enjuague, secado, seguido de la aplicación del sistema adhesivo que puede ser un primer y adhesivo, o una mezcla de ellos en un solo vial.^(18,22)

Los distintos cementos resinosos que se han desarrollado a lo largo de los años presentan diferentes modos de activación: química (autopolimerizable), fotoactivación o una combinación de ambas (dual). Por lo tanto, los cementos de doble activación están formulados con una combinación de iniciadores químicos

y fotoiniciadores. Esta combinación proporciona un control del tiempo de trabajo y permite una activación más eficiente, especialmente con los activadores químicos en lugares de difícil acceso a la luz.^(23,66)

El modo de activación puede ser decisivo para el grado de conversión de estos cementos de resina dual y por tanto sobre sus propiedades finales. Además, se ha reportado que el grado final de conversión también depende de las características químicas de los monómeros presentes en la formulación.^(16,33,67)

Dentro de los cementos de grabado total encontramos a los cementos autopolimerizables y los fotoactivados.⁽²⁰⁾

Los cementos de autograbado, de naturaleza dual, son utilizados en combinación con adhesivos de autograbado, ya que se basan en la capacidad de desmineralización de los monómeros ácidos simplificados que modifican la superficie dental e infiltran la dentina sin grabar con un agente ácido por separado. Dependiendo del potencial de acidez y agresividad, los sistemas adhesivos de autograbado producen variaciones en la estructura de las interfaces, incluido el espesor de la capa híbrida.^(64,68)

Los cementos de resina autoadhesivos son de naturaleza dual también, fueron diseñados para superar las limitaciones de los cementos convencionales y los de autograbado, simplificando el proceso de unión, ahorrando tiempo y lo que es más importante, acortando la "ventana de contaminación". Debido a que los cementos de grabado total requieren varios pasos (grabado, lavado, secado y uso del sistema adhesivo), cada paso representa un posible punto de contaminación. El haber reducido a uno el número de pasos en el procedimiento,

el riesgo de contaminación es menor y se puede lograr una mejor adhesión.^(12,22,69)

Los cementos autoadhesivos contienen partículas de relleno y una matriz orgánica con grupos de metacrilato de ácido fosfórico multifuncionales o monómeros ácidos, que conducen el mecanismo de unión del cemento a la hidroxiapatita.^(25,30,70)

Este metacrilato ácido fosforilado en el cemento autoadhesivo tiene un pH bajo creado cuando entra en contacto con agua o humedad en el diente. Este pH bajo graba la dentina más fácilmente que el esmalte, lo que puede explicar la mayor fuerza de unión en la dentina en comparación con el esmalte. A medida que continúa el grabado, el cemento penetra en la superficie del diente grabado, creando una unión micro mecánica, cuando el cemento se polimeriza el pH aumenta y se neutraliza durante la reacción de fraguado.^(18,25)

Cuando se inicia la reacción de fraguado del cemento se produce una hidrofilia inicial con un pH ácido. Conforme la reacción avanza, se liberan iones de fluoruro que reaccionan con la estructura dental, neutralizando el pH. Debido a que el agua producida se consume, finalmente se forma una matriz hidrófoba con baja solubilidad, baja expansión y estabilidad a largo plazo.^(15,18,67)

El proceso de sorción acuosa depende de las características químicas y físicas de la red polimérica formada, lo cual también determina la resistencia a la degradación del material. La sorción acuosa conduce a otro proceso llamado solubilidad, esto ocurre cuando los monómeros sin reaccionar, los iones y las

partículas de relleno presentes en la composición, se liberan y en consecuencia, provocan una pérdida de peso.^(6,27,59,67)

2.1.3 Definición del problema

General:

- ¿La sorción acuosa y solubilidad son diferentes entre un cemento resinoso autograbadador y un cemento resinoso autoadhesivo?

Específicos:

- ¿Cuál es la sorción acuosa de un cemento resinoso autograbadador?
- ¿Cuál es la solubilidad de un cemento resinoso autograbadador?
- ¿Cuál es la sorción acuosa de un cemento resinoso autoadhesivo?
- ¿Cuál es la solubilidad de un cemento resinoso autoadhesivo?

2.2 Finalidad y Objetivos de la Investigación

2.2.1 Finalidad

La finalidad del estudio fue comparar la sorción acuosa y solubilidad del cemento resinoso autograbadador y del cemento resinoso autoadhesivo, identificando sus valores individuales y comparando cuál de ellos obtenía los valores más altos o bajos, para así poder brindar al odontólogo una herramienta para que pueda realizar una Odontología basada en evidencia científica.

2.2.2 Objetivo general y específicos

General:

- Comparar la sorción acuosa y solubilidad del cemento resinoso autograbadador y autoadhesivo, *in vitro*.

Específicos:

- Identificar la sorción acuosa del cemento resinoso autograbadador medido a los 7,15 y 30 días, *in vitro*.
- Identificar la sorción acuosa del cemento resinoso autoadhesivo medido a los 7,15 y 30 días, *in vitro*.
- Evaluar cuál de los dos cementos resinosos presenta mayor o menor sorción acuosa a los 7,15 y 30 días, *in vitro*.
- Identificar la solubilidad del cemento resinoso autograbadador medido a los 7,15 y 30 días, *in vitro*.
- Identificar la solubilidad del cemento resinoso autoadhesivo medido a los 7,15 y 30 días, *in vitro*.
- Evaluar cuál de los dos cementos resinosos presenta mayor o menor solubilidad a los 7,15 y 30 días, *in vitro*.

2.2.3 Delimitación del estudio

- **Delimitación temporal:** El estudio se realizó entre el año 2019 y 2020
- **Delimitación espacial:** El estudio se desarrolló en los laboratorios de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

- **Delimitación social:** Una muestra de 45 discos por cemento resinoso, siguiendo el protocolo dictado por la ISO 4049 para estos materiales, para las pruebas de solubilidad y sorción acuosa. Se utilizó un cemento resinoso autograbador (RelyX™ Ultimate Clicker, 3M ESPE) y un cemento resinoso autoadhesivo (RelyX™ U200, 3M ESPE), ambos de la misma casa comercial para así reducir alguna variable externa.
- **Delimitación conceptual:** Los conceptos vertidos en este estudio fueron sorción acuosa, solubilidad, cementación, cemento resinoso autograbador y cemento resinoso autoadhesivo.

2.2.4 Justificación e importancia del estudio

Actualmente existe una gran exigencia en la práctica odontológica restauradora-rehabilitadora, debido a ello, los materiales dentales han evolucionado a grandes pasos, para poder proporcionar una óptima adhesión con una odontología menos invasiva y conseguir un aumento en el éxito de los tratamientos, la aparición de los cementos resinosos fue necesaria por este motivo y se han convertido en uno de los agentes cementantes de mayor elección en la práctica clínica.

El presente estudio presenta una importancia teórica, al profundizar conceptos y haber obtenido evidencia científica, que brinda respaldo a los procedimientos clínicos que se realizan en los diversos tratamientos, ya que la sorción acuosa y solubilidad son propiedades inmersas en el éxito de la cementación de las restauraciones.

Una importancia metodológica, ya que no se han desarrollado muchos estudios relacionados, lo que brinda una ventana para el desarrollo de diferentes investigaciones futuras, y el seguimiento de un protocolo estandarizado (ISO 4049) para ser utilizado en dichas investigaciones.

Una importancia clínica, puesto que el estudio buscó determinar la sorción acuosa y solubilidad de dos cementos resinosos: un autograbadador y un autoadhesivo, comparando cuál de ellos ofrece menores valores, por ende un mejor comportamiento en el medio intraoral, que junto con otros factores llevaría al clínico a lograr el éxito del tratamiento, específicamente en los procedimientos de cementación de restauraciones indirectas a las estructuras dentarias, brindando al odontólogo la información necesaria para realizar la elección idónea del agente cementante según el caso que se pueda presentar en la consulta, y de esta manera brindar y garantizar un tratamiento exitoso al paciente.

2.3 Hipótesis y Variables

2.3.1 Supuestos teóricos

Espíndola et al., describieron que las redes de polímeros en los cementos resinosos no son químicamente estables ni impermeables, y que estos depende de la composición del material.⁽⁴²⁾

Pan et al., reportaron que los cementos resinosos autoadhesivos son más susceptibles a los daños acuosos, y que la concentración de monómeros ácidos debe ser baja para evitar una hidrofilia excesiva, pero lo suficiente para lograr una desmineralización del sustrato dental.⁽³⁹⁾

Müller et al., encontraron que los cementos de resina autoadhesivos obtenían valores de sorción más altos frente a los cemento de resina de autograbado, posiblemente por los grupos fosfatos que contienen los cementos autoadhesivos.⁽³⁰⁾

Sokolowski et al., reportaron valores menores de sorción de los cementos re resina autograbadores al compararlos con los autoadhesivos, principalmente debido a la presencia de grupos hidroxilo, carboxilo y fosfato en los monómeros de los cementos autoadhesivos, y sobre todo por el monómero HEMA.⁽³⁶⁾

Marghalani M., encontró que si el cemento resinoso contenía moléculas de UDMA, 4-META y éster de ácido fosfórico, obtenía valores altos de sorción y solubilidad.⁽⁶²⁾

Petropoulou et al., reportaron que los cementos resinosos autoadhesivos obtuvieron valores más altos de sorción, lo contrario ocurrió en el proceso de solubilidad, el cemento resinoso de autograbado obtuvo el valor más alto, sin embargo el cemento resinoso autoadhesivo que obtuvo un bajo valor de solubilidad contenía a la molécula UDMA en su composición.⁽²⁴⁾

Han et al., encontraron que los cementos resinosos autoadhesivos poseen una alta resistencia a la solubilidad, sin embargo responsabilizaron a la partícula de fluoroaluminosilicato por su susceptibilidad a la humedad, de la posible hidrolización de la matriz y posterior degradación por hidrólisis.⁽¹³⁾

Sideridou et al., reportaron que la partícula monomérica TEGDMA obtuvo el valor más alto para la sorción en agua, mientras que la partícula de Bis-GMA obtuvo el valor más alto cuando la sorción se da en un medio etanol/agua al 75%.⁽⁶¹⁾

2.3.2 Hipótesis principal y específicas

General:

- La sorción acuosa y solubilidad del cemento resinoso autoadhesivo es mayor que el cemento resinoso autograbadador.

Específicas:

- La sorción acuosa del cemento resinoso autoadhesivo es mayor que la del cemento resinoso autograbadador, a los 7 días.
- La sorción acuosa del cemento resinoso autoadhesivo es mayor que la del cemento resinoso autograbadador, a los 15 días.
- La sorción acuosa del cemento resinoso autoadhesivo es mayor que la del cemento resinoso autograbadador, a los 30 días.
- La solubilidad del cemento resinoso autoadhesivo es mayor que la del cemento resinoso autograbadador, a los 7 días.
- La solubilidad del cemento resinoso autoadhesivo es mayor que la del cemento resinoso autograbadador, a los 15 días.
- La solubilidad del cemento resinoso autoadhesivo es mayor que la del cemento resinoso autograbadador, a los 30 días.

2.3.3 Variables e Indicadores

VARIABLE	TIPO DE VARIABLE	CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA	VALORES
VARIABLE INDEPENDIENTE						
CEMENTO RESINOSO	Cualitativa	Material utilizado para la cementación de diversas restauraciones a la estructura dentaria	CEMENTO RESINOSO AUTOGRABADOR	Nombre Comercial, marca y composición	Nominal	Si/No
			CEMENTO RESINOSO AUTOADHESIVO			
TIEMPO	Cuantitativa	Magnitud física con la que medimos la duración de los eventos	-	Días	Intervalo	7,15 y 30 días

VARIABLE	TIPO DE VARIABLE	CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA	VALORES
VARIABLE DEPENDIENTE						
SORCIÓN ACUOSA	Cuantitativa	Ganancia de masa sobre el volumen, de las muestras sumergidas en agua destilada a 37°C.	-	Microgramos de ganancia de masa.	Razón	$\mu\text{g}/\text{mm}^3$
SOLUBILIDAD	Cuantitativa	Pérdida de masa sobre el volumen, de las muestras sumergidas en agua destilada a 37°C.	-	Microgramos de pérdida de masa.	Razón	$\mu\text{g}/\text{mm}^3$

CAPÍTULO III: MÉTODO, TÉCNICA E INSTRUMENTOS

3.1 Población y muestra

El estudio se realizó con discos elaborados de cemento resinoso autograbadador (RelyX™ Ultimate Clicker, 3M ESPE) y de cemento resinoso autoadhesivo (RelyX™ U200 Clicker, 3M ESPE).

Tabla N° 1. Descripción de los agentes cementantes utilizados en el estudio.

Cemento	Composición	N° Lote
RelyX™ Ultimate	<p style="text-align: center;"><i>Pasta base:</i></p> <p><i>Monómeros de metacrilato, relleno silanizado denso de rayos X, componentes iniciadores, estabilizadores y aditivos reológicos.</i></p>	3745504
3M ESPE	<p style="text-align: center;"><i>Pasta catalizadora:</i></p> <p><i>Monómero de metacrilato, relleno alcalino denso de rayos X, componentes iniciadores, estabilizadores, pigmento, aditivos reológicos, fluorocromo, activador de curado oscuro.</i></p>	
RelyX™ U200	<p style="text-align: center;"><i>Pasta base:</i></p> <p><i>Polvo de vidrio tratado con silano, ácido 2-propenoico, 2-metil 1,10- [1- (hidroximetil) -1,2-etanodil] éster, dimetacrilato de trietilenglicol (TEGDMA), sílice tratada con silano, persulfato de sodio de fibra de vidrio y per -3,5,5-trimetil hexanoato.</i></p> <p><i>Monómeros de metacrilato, grupos de ácido fosfórico, rellenos silanizados, componentes iniciadores, estabilizadores y aditivos reológicos.</i></p>	3990683
3M ESPE	<p style="text-align: center;"><i>Pasta catalizadora:</i></p> <p><i>Polvo de vidrio tratado con dimetacrilato de silano sustituto de sílice tratado con silano, p-toluenosulfonato de sodio, ácido 1-bencil-5fenilo de bario, calcio, dimetacrilato de 1,12-dodecano, hidróxido de calcio y dióxido de titanio.</i></p> <p><i>Monómeros de metacrilatos, rellenos alcalinos, rellenos silanizados, componentes iniciadores, estabilizadores, pigmentos y aditivos reológicos.</i></p> <p style="text-align: center;"><i>70% de relleno en peso, 43% volumen</i></p>	

El tamaño de la muestra se determinó por el tipo de muestreo no probabilístico por conveniencia, determinando la cantidad de especímenes necesarios para la investigación en los antecedentes y en la norma internacional estandarizada ISO 4049 (N = 45 discos por grupo).⁽⁷¹⁾

3.1.1 Criterios de Inclusión

- Muestras de cemento resinoso autograbador pulidas.
- Muestras de cemento resinoso autoadhesivo pulidas.
- Muestras de cemento resinoso autograbador según las medidas de la ISO 4049.
- Muestras de cemento resinoso autoadhesivo según las medidas de la ISO 4049.

3.1.2 Criterios de Exclusión

- Muestras con grietas en la superficie
- Muestras con burbujas.
- Muestras con superficie porosa.
- Muestras con dimensiones fuera de los rangos establecidos por la ISO 4049.

3.1.3 Consideraciones Éticas

Las muestras utilizadas en el estudio y las pruebas de sorción acuosa y solubilidad fueron desarrolladas en el laboratorio de Biología Molecular de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

El laboratorio brindó la infraestructura, ambientes adecuados, así como los equipos y recursos humanos requeridos para el desarrollo del estudio.

El estudio contó con la aprobación del laboratorio y se realizó bajo los protocolos establecidos por el mismo.

Tanto el investigador como el personal del laboratorio no tuvieron ningún conflicto de interés en el desarrollo del estudio.

3.2 Diseño del estudio

De acuerdo a Hernández et al., 2014, el estudio fue de tipo experimental, ya que se manipularon las variables independientes y se analizaron los efectos sobre las variables dependientes, dentro de un ambiente controlado por el investigador.⁽⁷²⁾

Así mismo, el estudio fue prospectivo, debido a que los datos se analizaron transcurrido un determinado tiempo, luego de haberse iniciado el estudio.⁽⁷²⁾

Y de tipo longitudinal, ya que se recolectó datos en diferentes momentos para hacer inferencias respecto al cambio, sus determinantes y consecuencias.⁽⁷²⁾

3.3 Técnica e instrumento de recolección de datos

Se formaron dos grupos, uno por cada cemento (N = 45), cada grupo fue dividido en tres subgrupos (n = 15): 7, 15 y 30 días, la selección de los discos para cada subgrupo se realizó de manera aleatoria.

Para la confección de los discos se utilizó un molde, con las medidas según la normativa para estos materiales acorde a la ISO 4049, los discos tuvieron una medida de 15 ± 0.1 mm de diámetro y $1,0 \pm 0.1$ mm de profundidad.



Figura N° 1. Dimensiones de las muestras, acorde a la ISO 4049.

Para la preparación de cada cemento se siguieron las indicaciones del fabricante, como lo señala la norma ISO 4049; en el caso del cemento resinoso autograbadador y autoadhesivo, la presentación utilizada fue la de Clicker, la cual nos dio la proporción adecuada de base y catalizador en cada clic.

Para ambos cementos el fabricante describe las mismas instrucciones de preparación: dispensar el material en un bloque de mezcla, iniciar el mezclado con una espátula por 20 segundos hasta obtener una pasta homogénea, evitando la formación de burbujas de aire.

Luego de haber obtenido la pasta homogénea, se llevó a un sistema Centrix, para eliminar cualquier burbuja de aire que haya quedado del paso anterior, posteriormente se inyectó el material en el molde, el cual estuvo colocado sobre una platina de vidrio para poder obtener una superficie lisa.

El fabricante indica un tiempo de trabajo del material desde el inicio de la mezcla de 2 minutos y 30 segundos. Se cubrió el cemento en el molde con una lámina portaobjeto, se procedió a fotopolimerizar el centro por 20 segundos, luego los bordes 20 segundos por área, y se esperó el tiempo de fraguado indicado, el cual desde el comienzo de la mezcla es de 6 minutos, acorde a lo indicado por el fabricante. Para respetar estos tiempos del fabricante, se contó con un cronómetro.

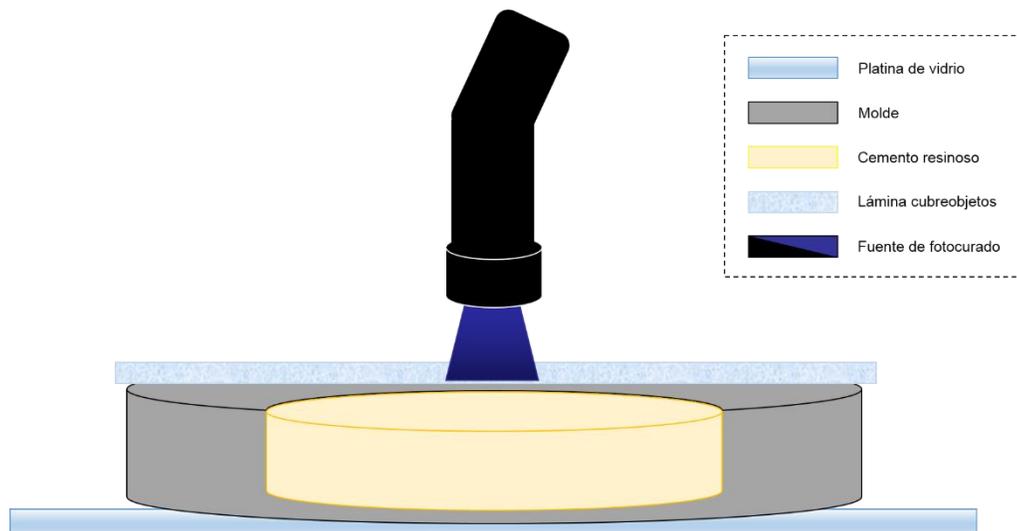


Figura N° 2. Fabricación de los discos de cemento de resina según el protocolo de la ISO 4049.

Las muestras fueron pulidas con discos Sof-Lex™ (3M, ESPE) para así retirar cualquier excedente que no haya sido polimerizado, posteriormente las muestras fueron medidas con un Vernier digital, para verificar las medidas establecidas por la ISO 4049.

Con estos datos, se calculó el volumen de cada disco en milímetros cúbicos (V).

$$V = \pi (r^2) h \text{ mm}^3$$

Siguiendo lo establecido en la ISO 4049, para las pruebas de sorción acuosa y solubilidad; una vez pulidas las muestras se desecaron en una estufa a 37°C. Se procedió a pesar las muestras cada 24 horas hasta obtener un valor constante, el cual quedó registrado como el valor inicial m_1 .

Con la ayuda de una pinza, las muestras individualmente se colocaron en viales, a los cuales se les colocó 10 ml de agua destilada por medio de una pipeta, estos viales fueron llevados a una estufa a 37°C por 7 días.

Luego de este período de tiempo, las muestras se retiraron del agua destilada, se lavaron con agua destilada nueva y las superficies de las muestras fueron secadas hasta que quedaron libres de humedad visible, se aplicó aire por 15 segundos, y fueron medidas 1 minuto después de haber sido removidas del agua, así se obtuvo la segunda masa (m_2); se repitió este proceso para los subgrupos de 15 y 30 días.

Para calcular el valor de la solubilidad W_{sl} ($\mu\text{g}/\text{mm}^3$), para cada muestra, se empleó la siguiente ecuación:

$$W_{sl} = \frac{m_1 - m_3}{V}$$

Después de este pesaje, se volvió a reacondicionar las muestras, cada una en su vial correspondiente con 10 ml de agua destilada y colocadas en la estufa por 37°C hasta obtener una masa constante nuevamente, lo que denominaremos m_3 .

Para calcular el valor de la sorción acuosa W_{sp} ($\mu\text{g}/\text{mm}^3$), para cada muestra, se empleó la siguiente ecuación:

$$W_{sp} = \frac{m_2 - m_3}{V}$$

Los datos fueron recolectados por medio de una ficha (Anexo N° 2 y 3), donde se registró las medidas (pesos) obtenidas de las muestras en las fechas programadas (7, 15 y 30 días).

3.4 Procesamiento de datos

Los datos fueron recolectados en fichas elaboradas para cada prueba, donde se identificaba la fecha, el grupo, subgrupo y la medición correspondiente.

Posterior a ello, los datos obtenidos se almacenaron en un fichero de Microsoft Excel para Windows, donde se aplicaron las fórmulas dadas por la ISO 4049 para cada prueba, respectivamente,

Los datos finales, se procesaron en el paquete estadístico SPSS 24.0 para Windows. Todas las pruebas fueron trabajadas a un nivel de confianza del 95%. Se utilizó este software debido a que permite realizar cálculos y análisis estadísticos,

gestionando los datos recolectados y facilitando la toma de decisiones, en cuanto a las hipótesis planteadas.

Para el análisis univariado se procedió a obtener la Estadística descriptiva (mínimo, máximo, media y desviación estándar) de las variables del estudio, estos resultados fueron registrados en tablas de distribución y las figuras respectivas.

También se utilizó la Estadística inferencial para la docimasia de las hipótesis del estudio, identificando la distribución normal de los datos con la prueba de Shapiro Wilk y la posterior utilización de pruebas paramétricas: t-Student para muestras independientes y ANOVA.

CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1 Presentación de resultados

Luego de haber recolectado toda la data en las fichas correspondientes, se procedió al desarrollo de la malla estadística en el programa SPSS 24.0 para el procesamiento de los datos, en un primer momento se obtuvo información de la Estadística descriptiva.

Los valores del resumen estadístico de las variables sorción acuosa y solubilidad como mínimos, máximos, medias y desviación estándar están reportados en las Tablas N° 2, 3, 4 y 5 para cada cemento en el tiempo correspondiente descrito, así como en las figuras respectivas.

Tabla N° 2. Análisis descriptivo de la Sorción Acuosa del Cemento Resinoso Autograbadador a los 7, 15 y 30 días.

Cemento Resinoso Autograbadador	<i>n</i>	<i>Mín.</i>	<i>Máx.</i>	\bar{x}	<i>D.S.</i>
7 días	15	0,0158	0,0564	0,0341	0,0126
15 días	15	0,0143	0,0457	0,0300	0,0095
30 días	15	0,0192	0,0479	0,0329	0,0099

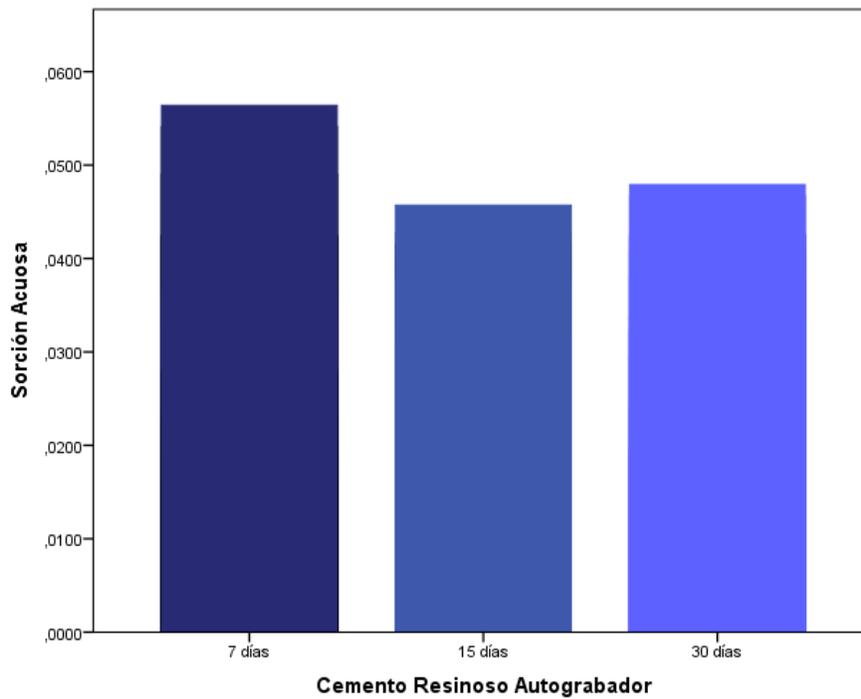


Figura N° 3. Sorción Acuosa del Cemento Resinoso Autograbador a los 7, 15 y 30 días.

Tabla N° 3. Análisis descriptivo de la Sorción Acuosa del Cemento Resinoso Autoadhesivo a los 7, 15 y 30 días.

Cemento Resinoso Autoadhesivo	n	Mín.	Máx.	\bar{x}	D.S.
7 días	15	0,0289	0,0645	0,0450	0,0109
15 días	15	0,0209	0,0454	0,0338	0,0077
30 días	15	0,0257	0,0476	0,0383	0,0062

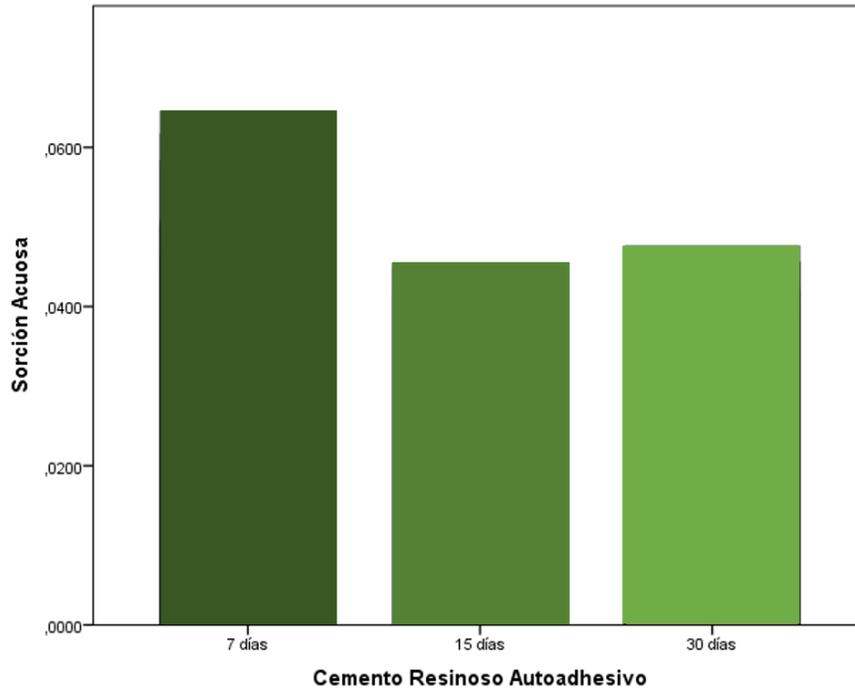


Figura N° 4. Sorción Acuosa del Cemento Resinoso Autoadhesivo a los 7, 15 y 30 días.

Tabla N° 4. Análisis descriptivo de la Solubilidad del Cemento Resinoso Autograbador a los 7, 15 y 30 días.

Cemento Resinoso Autograbador	n	Mín.	Máx.	\bar{x}	D.S.
7 días	15	-0,0051	0,0045	-0,0012	0,0029
15 días	15	-0,0059	-0,0011	-0,0033	0,0015
30 días	15	-0,0082	-0,0011	-0,0039	0,0019

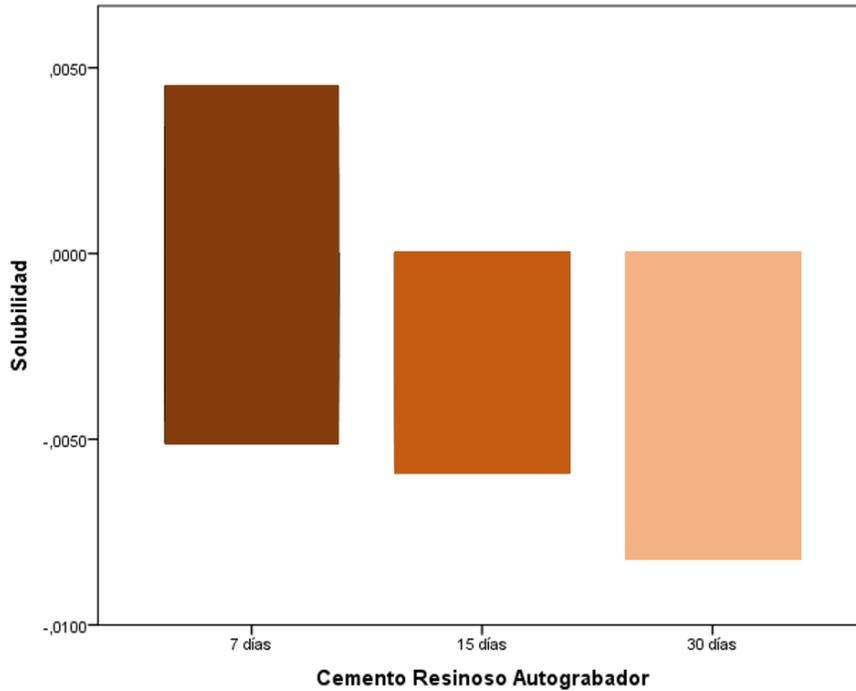


Figura N° 5. Solubilidad del Cemento Resinoso Autogrador a los 7, 15 y 30 días.

Tabla N° 5. Análisis descriptivo de la Solubilidad del Cemento Resinoso Autoadhesivo a los 7, 15 y 30 días.

Cemento Resinoso Autoadhesivo	n	Mín.	Máx.	\bar{x}	D.S.
7 días	15	-0,0047	0,0034	0,0007	0,0021
15 días	15	-0,0037	0,0004	-0,0017	0,0012
30 días	15	-0,0048	-0,0017	-0,0032	0,0010

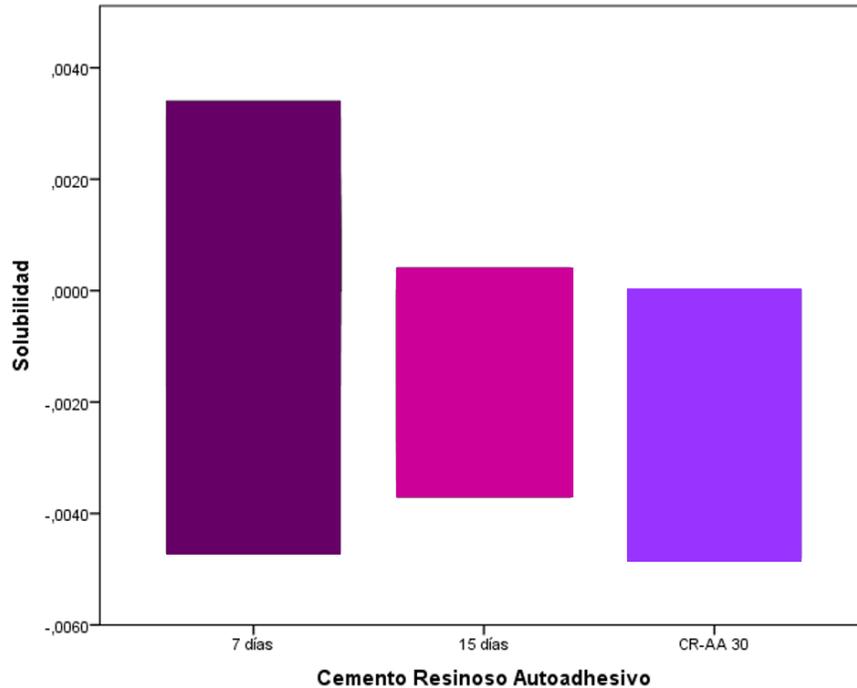


Figura N° 6. Solubilidad del Cemento Resinoso Autoadhesivo a los 7, 15 y 30 días.

Se utilizó la prueba Shapiro Wilk para evaluar la normalidad de los datos, se obtuvo un $p \geq 0,05$, tal como se evidencia en las Tablas N° 6 y 7 para la variable sorción acuosa y solubilidad, tanto del cemento resinoso autograbador y autoadhesivo en todos los subgrupos, por lo que aceptamos la hipótesis nula (H_0) que postula que los datos recolectados siguen una distribución normal.

Por tal motivo, se realizaron las pruebas paramétricas T-student para muestras independientes (Tablas N° 8-10, 13-15) para evaluar y comparar la sorción acuosa y solubilidad en cada subgrupo homólogo de cada cemento resinoso, también se realizaron las pruebas de ANOVA de un factor y post hoc Tukey (Tablas N° 11-12, 16-17) para el análisis inter-grupal de cada cemento.

Tabla N° 6. Análisis de Normalidad de la Sorción Acuosa del Cemento Resinoso Autograbadador y Autoadhesivo a los 7, 15 y 30 días.

<i>Prueba de Shapiro Wilk*</i>				
		Estadístico	gl	p**
Cemento resinoso	7 días	0,957	15	0,637
	15 días	0,943	15	0,427
	30 días	0,932	15	0,291
AUTOGRABADOR	7 días	0,962	15	0,725
	15 días	0,954	15	0,582
	30 días	0,970	15	0,860

*Prueba de Shapiro Wilk, $n \leq 50$.

** $p > 0,05$, distribución normal de los datos.

Tabla N° 7. Análisis de Normalidad de la Solubilidad del Cemento Resinoso Autograbadador y Autoadhesivo a los 7, 15 y 30 días.

<i>Prueba de Shapiro Wilk*</i>				
		Estadístico	gl	p**
Cemento resinoso	7 días	0,912	15	0,145
	15 días	0,938	15	0,362
	30 días	0,930	15	0,274
AUTOGRABADOR	7 días	0,888	15	0,062
	15 días	0,961	15	0,710
	30 días	0,913	15	0,149

*Prueba de Shapiro Wilk, $n \leq 50$.

** $p > 0,05$, distribución normal de los datos.

Tabla N° 8. Evaluación de la Sorción Acuosa del Cemento Resinoso Autograbadador y Autoadhesivo a los 7 días.

Tipo de Cemento	n	Mín.	Máx.	\bar{x}	D.S.	p*
Cemento resinoso AUTOGRABADOR	15	0,0158	0,0564	0,0341	0,0126	0,018
Cemento resinoso AUTOADHESIVO	15	0,0289	0,0645	0,0450	0,0109	

*Prueba T-student para muestras independientes.
Nivel de significancia: $p \leq 0,05$

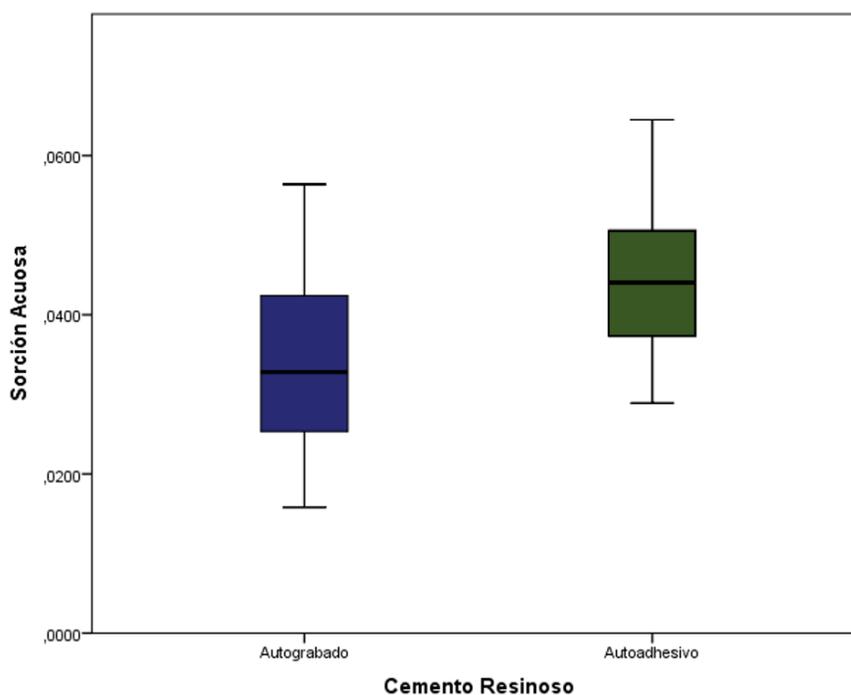


Figura N° 7. Evaluación de la Sorción Acuosa del Cemento Resinoso Autograbadador y Autoadhesivo a los 7 días.

Tabla N° 9. Evaluación de la Sorción Acuosa del Cemento Resinoso Autograbadador y Autoadhesivo a los 15 días.

Tipo de Cemento	n	Mín.	Máx.	\bar{x}	D.S.	p*
Cemento resinoso AUTOGRABADOR	15	0,0143	0,0457	0,0300	0,0095	0,241
Cemento resinoso AUTOADHESIVO	15	0,0209	0,0454	0,0338	0,0077	

*Prueba T-student para muestras independientes.
 Nivel de significancia: $p \leq 0,05$

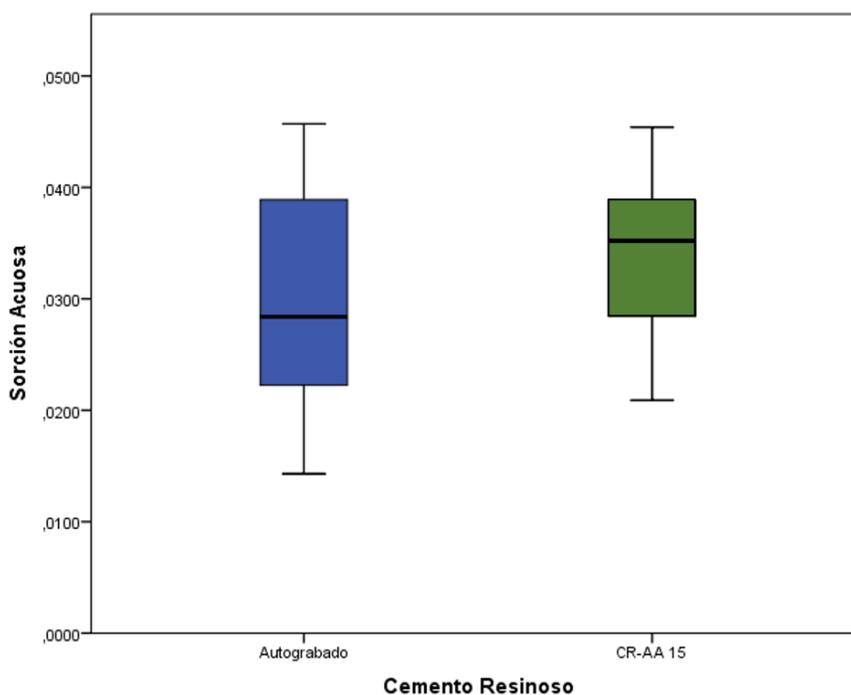


Figura N° 8. Evaluación de la Sorción Acuosa del Cemento Resinoso Autograbadador y Autoadhesivo a los 15 días.

Tabla N° 10. Evaluación de la Sorción Acuosa del Cemento Resinoso Autograbadador y Autoadhesivo a los 30 días.

Tipo de Cemento	n	Mín.	Máx.	\bar{x}	D.S.	p*
Cemento resinoso AUTOGRABADOR	15	0,0192	0,0479	0,0329	0,0099	0,081
Cemento resinoso AUTOADHESIVO	15	0,0257	0,0476	0,0383	0,0062	

*Prueba T-student para muestras independientes.
 Nivel de significancia: $p \leq 0,05$

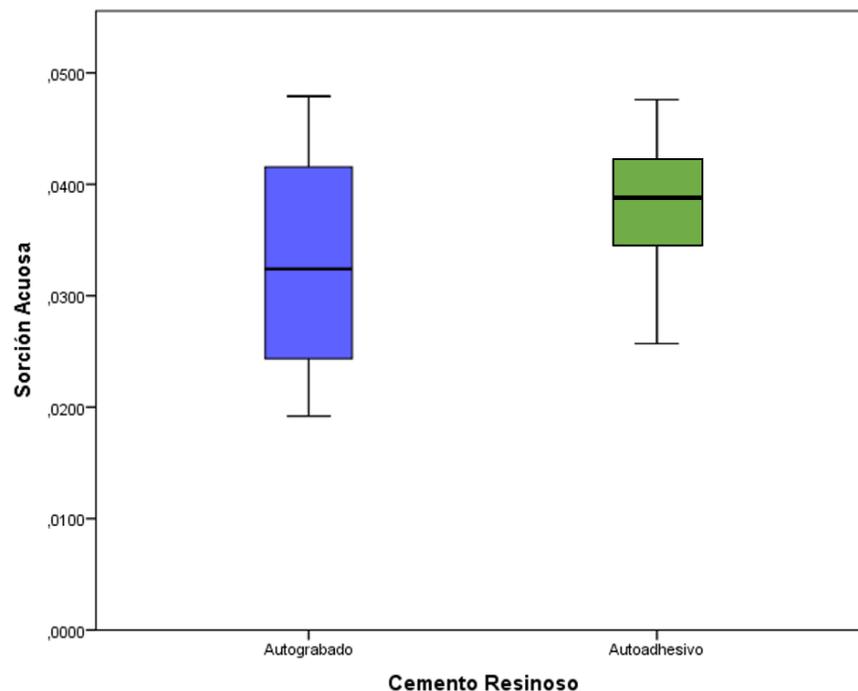


Figura N° 9. Evaluación de la Sorción Acuosa del Cemento Resinoso Autograbadador y Autoadhesivo a los 30 días.

Tabla N° 11. Análisis de la varianza de la Sorción Acuosa del Cemento Resinoso Autograbadador a los 7, 15 y 30 días.

<i>ANOVA de un factor</i>			<i>Post hoc Tukey</i>		
Grupo	\bar{x}	p	Inter-grupo	Diferencia \bar{x}	p
7 días	0,0341		7 – 15 días	0,0041	0,554
15 días	0,0300	0,570	15 – 30 días	0,0028	0,765
30 días	0,0329		7 – 30 días	0,0012	0,943

Nivel de significancia: $p \leq 0,05$

Tabla N° 12. Análisis de la varianza de la Sorción Acuosa del Cemento Resinoso Autoadhesivo a los 7, 15 y 30 días.

<i>ANOVA</i>			<i>Post hoc Tukey</i>		
Grupo	\bar{x}	p	Inter-grupo	Diferencia \bar{x}	p
7 días	0,0450		7 – 15 días	0,0111	0,002
15 días	0,038	0,003	15 – 30 días	0,0044	0,329
30 días	0,0383		7 – 30 días	0,0067	0,0031

Nivel de significancia: $p \leq 0,05$

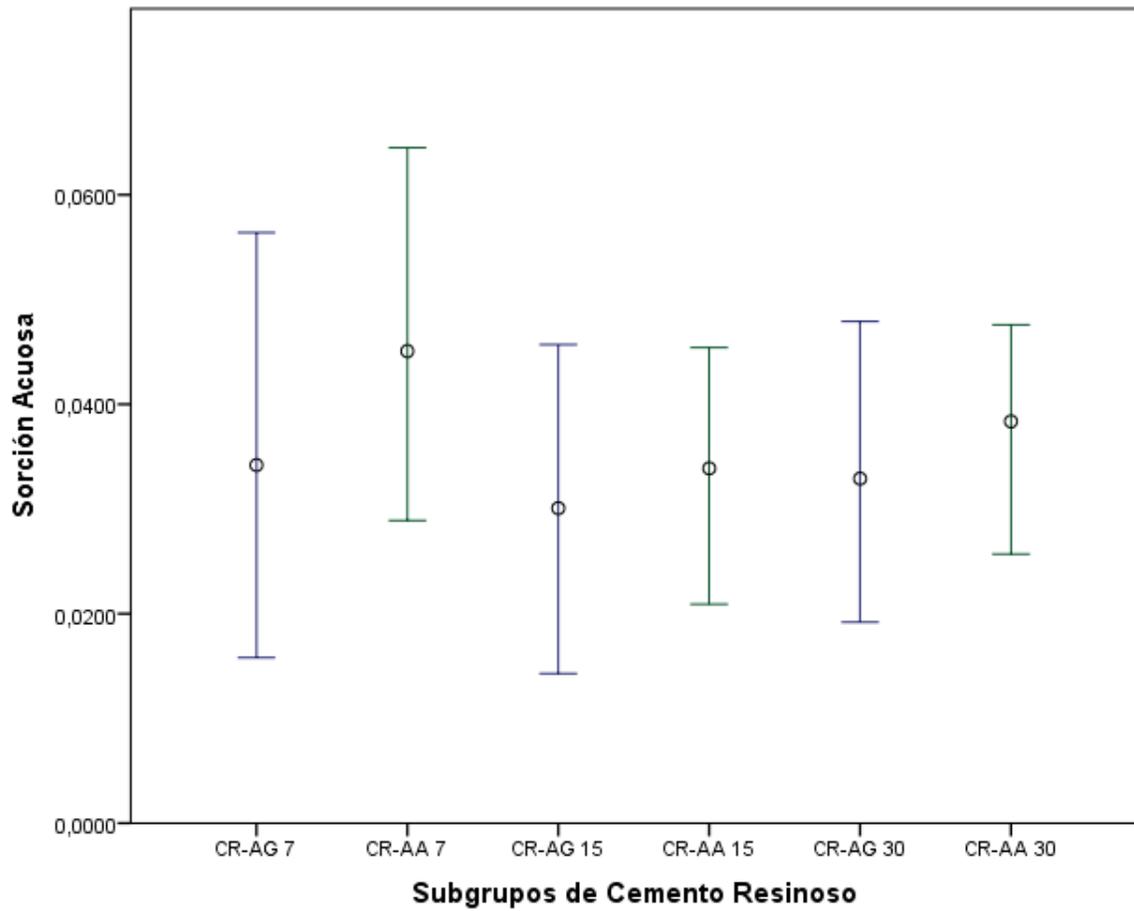


Figura N° 10. Sorción Acuosa del Cemento Resinoso Autograbadador y Autoadhesivo a los 7, 15 y 30 días.

Tabla N° 13. Evaluación de la Solubilidad del Cemento Resinoso Autograbadador y Autoadhesivo a los 7 días.

Tipo de Cemento	n	Mín.	Máx.	\bar{x}	D.S.	p**
Cemento resinoso AUTOGRABADOR	15	-0,0051	0,0045	-0,0012	0,0029	0,047
Cemento resinoso AUTOADHESIVO	15	-0,0047	0,0034	0,0007	0,0021	

*Prueba T-student para muestras independientes.

**Nivel de significancia: $p \leq 0,05$

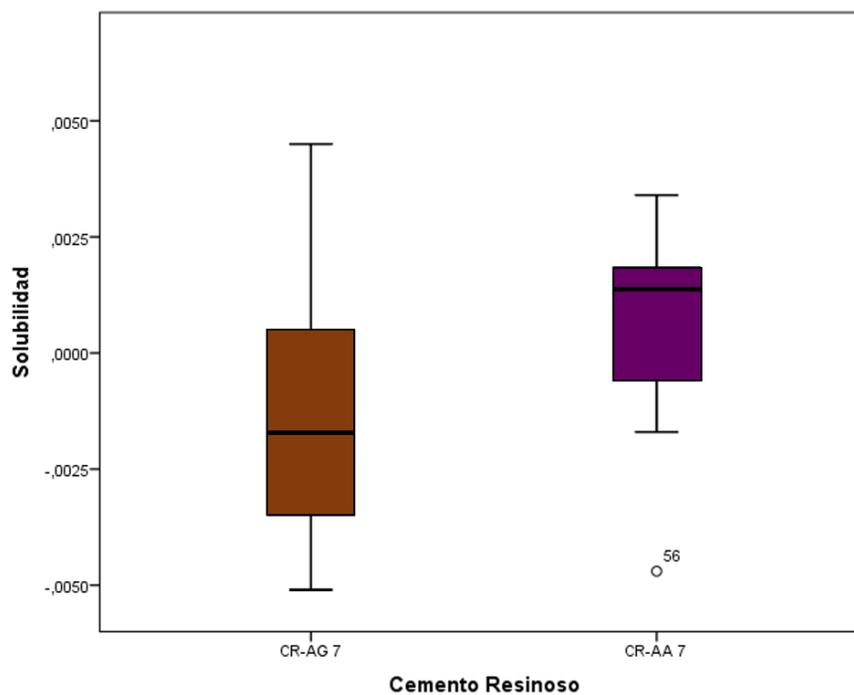


Figura N° 11. Evaluación de la Solubilidad del Cemento Resinoso Autograbadador y Autoadhesivo a los 7 días.

Tabla N°14. Evaluación de la Solubilidad del Cemento Resinoso Autograbadador y Autoadhesivo a los 15 días.

Tipo de Cemento	n	Mín.	Máx.	\bar{x}	D.S.	p**
Cemento resinoso AUTOGRABADOR	15	-0,0059	-0,0011	-0,0033	0,0015	0,003
Cemento resinoso AUTOADHESIVO	15	-0,0037	0,0004	-0,0017	0,0012	

*Prueba T-student para muestras independientes.

**Nivel de significancia: $p \leq 0,05$

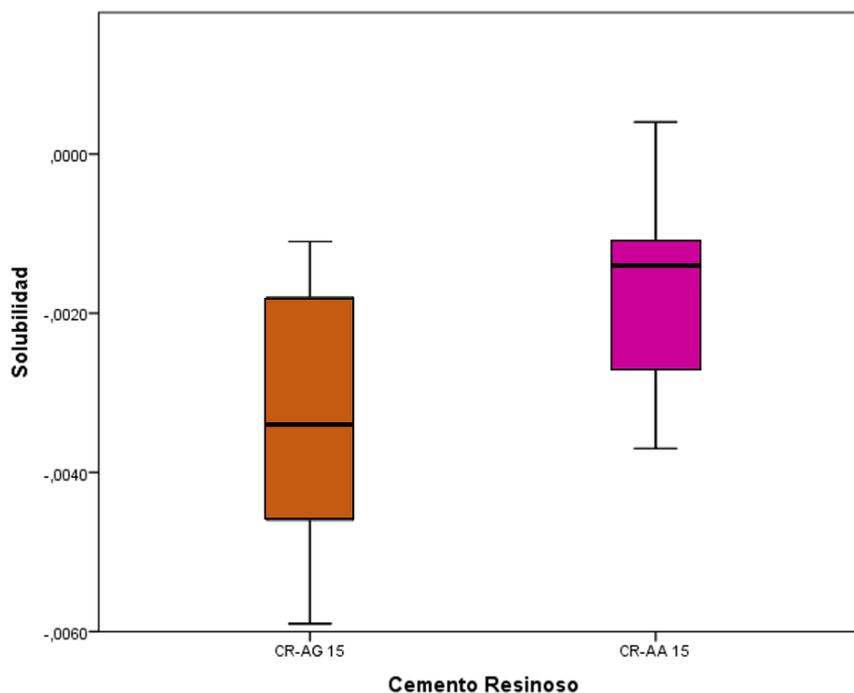


Figura N° 12. Evaluación de la Solubilidad del Cemento Resinoso Autograbadador y Autoadhesivo a los 15 días.

Tabla N°15. Evaluación de la Solubilidad del Cemento Resinoso Autograbadador y Autoadhesivo a los 30 días.

Tipo de Cemento	n	Mín.	Máx.	\bar{x}	D.S.	p**
Cemento resinoso AUTOGRABADOR	15	-0,0082	-0,0011	-0,0039	0,0019	0,253
Cemento resinoso AUTOADHESIVO	15	-0,0048	-0,0017	-0,0032	0,0010	

*Prueba T-student para muestras independientes.

**Nivel de significancia: $p \leq 0,05$

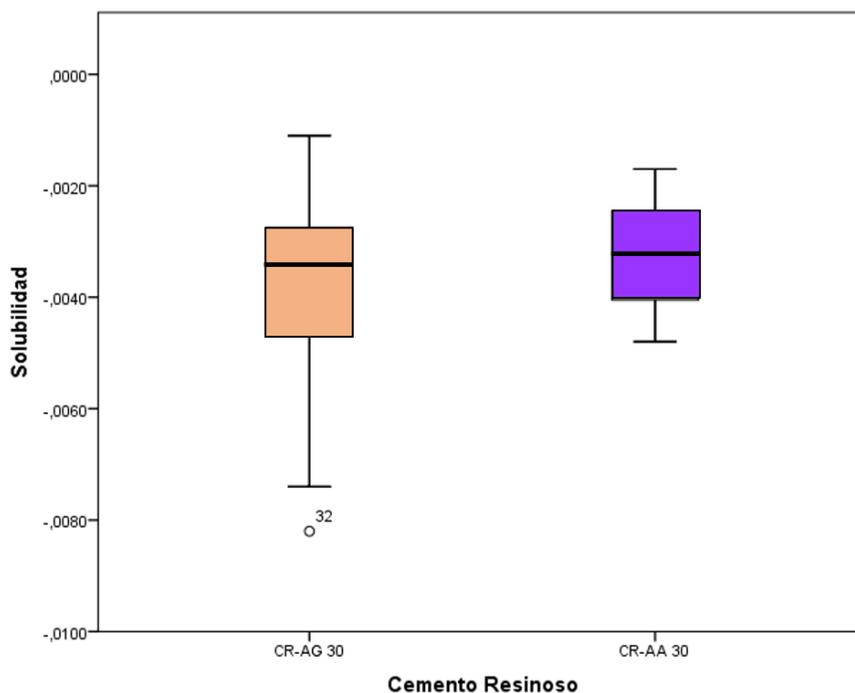


Figura N° 13. Evaluación de la Solubilidad del Cemento Resinoso Autograbadador y Autoadhesivo a los 30 días.

Tabla N° 16. Análisis de la varianza de la Solubilidad del Cemento Resinoso Autograbadador a los 7, 15 y 30 días.

<i>ANOVA de un factor</i>			<i>Post hoc Tukey</i>		
Grupo	\bar{x}	p	Inter-grupo	Diferencia \bar{x}	p
7 días	-0,0012		7 – 15 días	0,0021	0,036
15 días	-0,0033	0,006	15 – 30 días	0,0005	0,800
30 días	-0,0039		7 – 30 días	0,0026	0,007

Nivel de significancia: $p \leq 0,05$

Tabla N° 17. Análisis de la varianza de la Solubilidad del Cemento Resinoso Autoadhesivo a los 7, 15 y 30 días.

<i>ANOVA de un factor</i>			<i>Post hoc Tukey</i>		
Grupo	\bar{x}	p	Inter-grupo	Diferencia \bar{x}	p
7 días	0,0007		7 – 15 días	0,0024	0,000
15 días	-0,0017	0,000	15 – 30 días	0,0015	0,024
30 días	-0,0032		7 – 30 días	0,0039	0,000

Nivel de significancia: $p \leq 0,05$

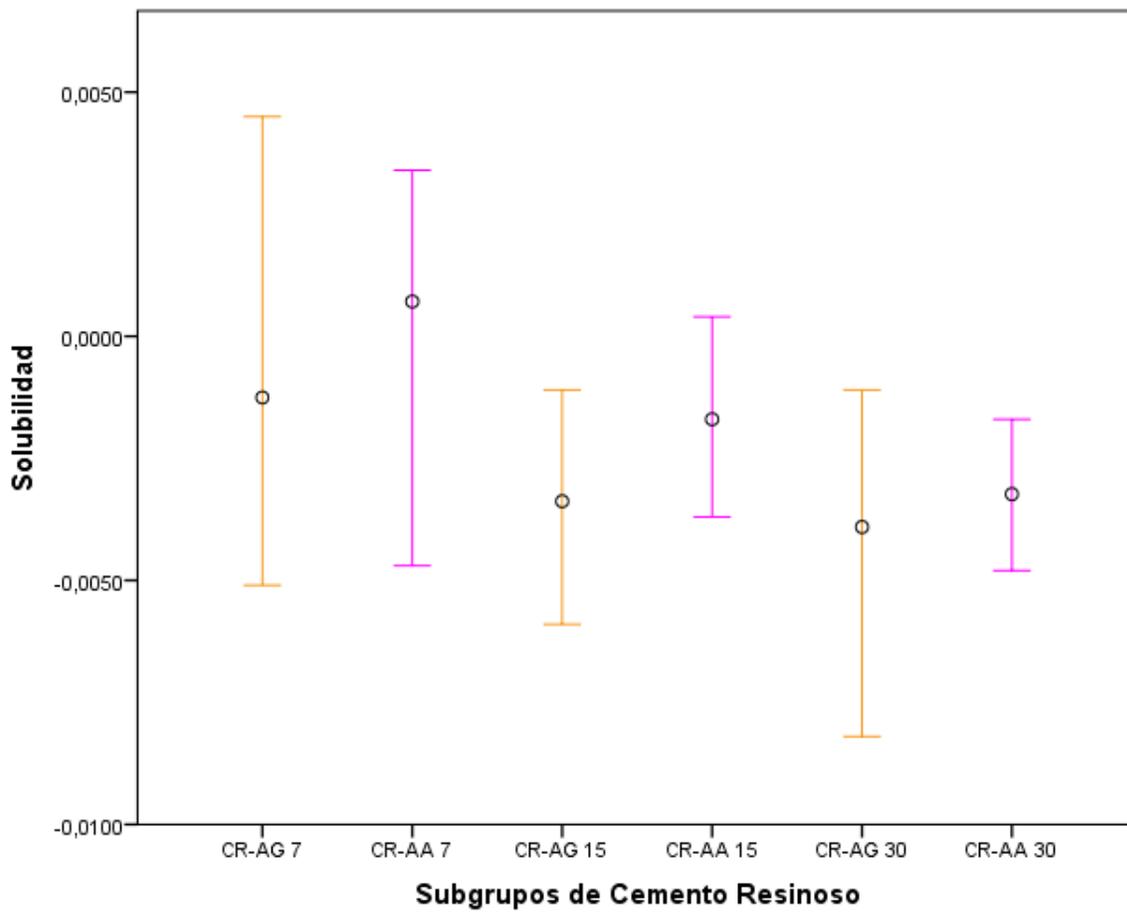


Figura N° 14. Solubilidad del Cemento Resinoso Autograbador y Autoadhesivo a los 7, 15 y 30 días.

4.2 Contrastación de hipótesis

Hipótesis General:

- La sorción acuosa y solubilidad del cemento resinoso autoadhesivo será mayor que el cemento resinoso autograbadador.

Debido a la complejidad de las variables, se dividió en hipótesis específicas. Así mismo, se utilizó en esta investigación un nivel de confianza del 95%, correspondiente a un nivel de significancia (α) de 5% (0,05).

Hipótesis Específicas:

Luego de haber obtenido los datos y procesado los resultados, procedimos a realizar la secuencia estadística para la comprobación de las hipótesis.

- La sorción acuosa del cemento resinoso autoadhesivo es mayor que la del cemento resinoso autograbadador, a los 7 días.

H_0 : La media de la sorción acuosa del cemento resinoso autoadhesivo no es mayor que la del cemento resinoso autograbadador, a los 7 días.

Según los resultados encontrados mediante la prueba estadística T-student para muestras independientes (Tabla N° 8) tenemos un $p = 0,018$ lo cual nos indicó que si existen diferencias estadísticamente significativas, por lo que se rechazó la hipótesis nula (H_0), y postulamos que la sorción acuosa del cemento resinoso

autoadhesivo $0,0450 \pm 0,0109 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ fue mayor que la del cemento resinoso autograbadador $0,0341 \pm 0,0126 \mu\text{g}/\text{mm}^3$.

- La sorción acuosa del cemento resinoso autoadhesivo es mayor que la del cemento resinoso autograbadador, a los 15 días.

H_0 : La media de la sorción acuosa del cemento resinoso autoadhesivo no es mayor que la del cemento resinoso autograbadador, a los 15 días.

Según los resultados encontrados mediante la prueba estadística T-student para muestras independientes (Tabla N° 9) tenemos un $p = 0,241$ lo cual nos indicó que no existen diferencias estadísticamente significativas por lo que se aceptó la hipótesis nula (H_0), donde la sorción acuosa del cemento resinoso autoadhesivo fue $0,0338 \pm 0,0077 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ mientras que el cemento resinoso autograbadador $0,0300 \pm 0,0095 \mu\text{g}/\text{mm}^3$.

- La sorción acuosa del cemento resinoso autoadhesivo es mayor que la del cemento resinoso autograbadador, a los 30 días.

H_0 : La media de la sorción acuosa del cemento resinoso autoadhesivo no es mayor que la del cemento resinoso autograbadador, a los 30 días.

Según los resultados encontrados mediante la prueba estadística T-student para muestras independientes (Tabla N° 10) tenemos un $p = 0,081$ lo cual nos indicó que no existen diferencias estadísticamente significativas por lo que se aceptó la hipótesis nula (H_0), la sorción acuosa del cemento resinoso autoadhesivo fue

0,0383 ± 0,0062 µg/mm³ mientras que el cemento resinoso autograbadador 0,0329 ± 0,0099 µg/mm³.

- La solubilidad del cemento resinoso autoadhesivo es mayor que la del cemento resinoso autograbadador, a los 7 días.

H₀: La solubilidad del cemento resinoso autoadhesivo no es mayor que la del cemento resinoso autograbadador, a los 7 días.

Según los resultados encontrados mediante la prueba estadística T-student para muestras independientes (Tabla N° 13) tenemos un p = 0,047 lo cual nos indicó que, si existen diferencias estadísticamente significativas, por lo que se rechazó la hipótesis nula (H₀), la solubilidad del cemento resinoso autoadhesivo 0,0007 ± 0,0021 µg/mm³ fue mayor que la del cemento resinoso autograbadador -0,0012 ± 0,0029 µg/mm³.

- La solubilidad del cemento resinoso autoadhesivo es mayor que la del cemento resinoso autograbadador, a los 15 días.

H₀: La solubilidad del cemento resinoso autoadhesivo no es mayor que la del cemento resinoso autograbadador, a los 15 días.

Según los resultados encontrados mediante la prueba estadística T-student para muestras independientes (Tabla N° 14) tenemos un p = 0,003 lo cual nos indicó que, si existen diferencias estadísticamente significativas, por lo que se rechazó la hipótesis nula (H₀), el cemento resinoso autoadhesivo obtuvo un valor de solubilidad

-0,0017 ± 0,0012 µg/mm³ mayor que el cemento resinoso autograbadador -0,0033 ± 0,0015 µg/mm³.

- La solubilidad del cemento resinoso autoadhesivo es mayor que la del cemento resinoso autograbadador, a los 30 días.

H₀: La solubilidad del cemento resinoso autoadhesivo no es mayor que la del cemento resinoso autograbadador, a los 30 días.

Según los resultados encontrados mediante la prueba estadística T-student para muestras independientes (Tabla N° 15) tenemos un p = 0,253 lo cual nos indicó que no existen diferencias estadísticamente significativas, por lo que se aceptó la hipótesis nula (H₀), es así que el cemento resinoso autoadhesivo obtuvo un valor de solubilidad de -0,0032 ± 0,0010 µg/mm³, mientras que el cemento resinoso autograbadador -0,0039 ± 0,0019 µg/mm³.

4.3 Discusión de resultados

El uso de los cementos resinosos se ha incrementado en los últimos años, siendo utilizados en la cementación de restauraciones indirectas en los diversos escenarios que se presentan en la práctica clínica, ya que poseen una alta fuerza de adhesión, biocompatibilidad, alta estética por su estabilidad de color en el tiempo, además que las tasas de supervivencia a largo plazo son altas.^(12,32)

Diversas investigaciones han mostrado las ventajas de estos cementos sobre los cementos convencionales, como una baja solubilidad, buenas propiedades ópticas y una mejora de la resistencia a la fractura de la restauración final, es decir que los cementos resinosos afectan el rendimiento clínico de manera positiva cuando se siguen los protocolos establecidos.^(35,46)

El propósito del estudio fue comparar la sorción acuosa y solubilidad del cemento resinoso autograbadador con el cemento resinoso autoadhesivo, *in vitro*, identificando sus valores individuales, comparándolos y determinando cuál de ellos obtuvo los valores más altos y así brindar al odontólogo una herramienta para realizar una Odontología basada en evidencia científica.

Los cementos resinosos expuestos al medio oral, sufren diversos fenómenos tanto físicos, mecánicos y químicos, en este estudio *in vitro* se utilizó la prueba estandarizada internacional ISO 4049, prueba que a su vez fue testeada por Müller y cols.⁽³⁰⁾, quienes validaron las pruebas de sorción y solubilidad propuestas en esta norma, así mismo si bien diferentes estudios utilizan diversas metodologías como materiales que dificultan la comparación de resultados, esta metodología ha sido utilizada en la gran mayoría de estudios revisados durante la investigación.

Diferentes autores han confirmado la importancia de estudiar estos procesos de sorción acuosa y solubilidad como Espíndola⁽⁴²⁾, Tavangar⁽⁵⁶⁾, Pace⁽²⁷⁾, Ferracane⁽⁶³⁾, Manso⁽³⁷⁾, Marghalani⁽⁶²⁾, entre otros, ya que podrían explicar las alteraciones en la estructura de estos materiales, que afectan las propiedades físicas, mecánicas, ópticas, biocompatibilidad y el éxito de nuestros tratamientos.

Los resultados de nuestro estudio se alinean con lo propuesto por Sokolowski⁽³⁶⁾, Pan⁽³⁹⁾, Tavagar⁽⁵⁶⁾, Petropoulou⁽²⁴⁾, Ghazy⁽¹⁷⁾, Müller⁽³⁰⁾, Burgess⁽²²⁾, entre otros, en que existe una diferencia en los valores de sorción acuosa y solubilidad entre el cemento resinoso autograbadador y autoadhesivo.

De acuerdo con los resultados en nuestro estudio, quien obtuvo los valores más altos estadísticamente significativos de sorción acuosa *in vitro* a los 7 días, fue el cemento resinoso autoadhesivo ($\bar{x} = 0,0450 \pm 0,0109 \mu\text{g}/\text{mm}^3$) a comparación del cemento resinoso autograbadador ($\bar{x} = 0,0341 \pm 0,0126 \mu\text{g}/\text{mm}^3$).

Estos resultados, concuerdan con Müller et al., 2017, quienes encontraron que los cementos resinosos autoadhesivos obtuvieron mayores valores de sorción a los 7 días que los cementos resinosos de autograbadador, esto porque los cementos resinosos autoadhesivos incluyen una gran cantidad de grupos fosfatos y grupos ácido monoméricos para desmineralizar el diente y son estos grupos fosfato ácidos los que se unen al agua por su naturaleza hidrofílica, lo que hace que el material absorba el líquido del medio y aumente su masa.

Así mismo, describió que las moléculas de agua al unirse a los grupos hidroxilo que son hidrofílicos, resultaron en una expansión higroscópica y aumento de masa, lo cual concuerda con lo mostrado en nuestros resultados.

A los 15 días, no se encontró una diferencia estadísticamente significativa, entre el cemento resinoso autograbadador ($\bar{x} = 0,0300 \pm 0,0095 \mu\text{g}/\text{mm}^3$) y el cemento resinoso autoadhesivo ($\bar{x} = 0,0338 \pm 0,0077 \mu\text{g}/\text{mm}^3$), esto podría ser debido a que

el cemento resinoso autoadhesivo posee partículas de relleno más grande, además de agregados esféricos e irregulares de varios tamaños, lo cual promueve una reducción del espacio en la red polimérica, tal como lo sostiene Rodrigues et al., 2012, en su investigación.

Así también, Espíndola et al., 2020, señala que la sorción y la solubilidad son un fenómeno controlado por la difusión que se produce directamente en la matriz de la resina y parece estar relacionado con la composición del material y la concentración, el tamaño y el tipo de rellenos. La absorción de agua depende del grado de conversión, la movilidad de los monómeros y la hidrofilia.

Ferracane J., 2006, explicó que, dependiendo de la estructura y composición química, los materiales pueden ser susceptibles en diferentes escalas a los efectos higroscópicos e hidrolíticos.

Además, en otro de sus estudios Ferracane et al., 2011, así como Sideridou et al., 2008, sostienen la importancia del monómero, así como de la selección del grupo ácido monomérico en la matriz de resina, ya que el cambio dimensional del material resinoso es complejo y depende de la estructura química, clínicamente este cambio dimensional a largo plazo puede provocar dolor posoperatorio, ruptura marginal de las restauraciones y/o fractura del sustrato dental como de la restauración.

A los 30 días no se reportó diferencias estadísticamente significativas, el cemento resinoso autoadhesivo obtuvo un valor de sorción acuosa $\bar{x} = 0,0383 \pm 0,0062$

$\mu\text{g}/\text{mm}^3$ en comparación al cemento resinoso autograbador $\bar{x} = 0,0329 \pm 0,0099$
 $\mu\text{g}/\text{mm}^3$)

La sorción de líquidos provoca un ablandamiento de la matriz resinosa polimérica, al hincharse la red y reducirse las fuerzas de fricción entre las cadenas del polímero, tal como lo sostiene Pace et al., 2007, quienes evaluaron la sorción acuosa por 30 días de diversos cementos resinosos, encontrando que una vez que la red del polímero se satura de agua y se ablanda, la estructura se estabiliza y la reducción de sus propiedades se atenúa gradualmente.

Pan et al., 2019, reportó que debido a la composición e hidrofilia de los cementos resinosos autoadhesivos, la sorción de moléculas de agua se podría describir en dos fases: en la primera una población de moléculas de agua fluctúa del cemento hacia el medio por el cambio de presiones, y en una segunda fase una población de las moléculas de agua queda atrapada en los micro-espacios de la red polimérica, por lo que un aumento del espacio libre podría conducir a un aumento en los valores de sorción acuosa, coincidiendo con lo encontrado en nuestro estudio, donde los cementos resinosos autoadhesivos obtuvieron los mayores valores de sorción.

Müller et al., 2017, sostienen que la sorción acuosa de agua y el grado de rugosidad de la superficie son responsables de la decoloración, lo que afecta la estética en nuestros tratamientos. Además reportó que dentro de los materiales que son del mismo fabricante, los cementos resinosos autoadhesivos exhibieron valores de sorción más altos que los cementos resinosos de autograbado, lo que confirma lo hallado en nuestro estudio (Gráfico N° 8); proponiendo como posible explicación a

este hallazgo la adición de los grupos ácido fosfóricos a los cementos resinosos autoadhesivos, necesarios para la desmineralización de la estructura dental, puesto que estos cementos no utilizan ningún sistema adhesivo previo.

Otra posible explicación fue postulada por Burey et al., 2017, la presencia de hidróxido de Calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) dentro del catalizador en el cemento resinoso autoadhesivo influye en una mayor formación de porosidades, ya que al disociarse en iones de hidroxilo (OH^-) y calcio (Ca^+) deja espacios vacíos en la red, caracterizados como poros, los cuales van a ser ocupados por moléculas de agua.

Es así como se postula una teoría, la cual sostiene que las partículas de agua se difunden en los micro-gaps o poros, donde interactúan con la matriz, y posteriormente conduce a una degradación hidrolítica de la interfase relleno-matriz, esto se denominó "*Enfoque de volumen libre*" por Müller et al. 2017.

Sin embargo, Petropoulou et al., 2015, en su estudio no encontraron diferencias estadísticamente significativas para la sorción acuosa entre un cemento resinoso autograbador y autoadhesivo, pero reportaron que estos últimos obtuvieron valores mayores, lo que se alinea con lo encontrado en nuestra investigación.

Una explicación a los resultados encontrados en la sorción acuosa es que los cementos resinosos autoadhesivos suelen presentar una tasa de polimerización inicial retrasada significativa debido a la presencia de los grupos ácido monoméricos, esta polimerización retardada puede durar entre 24 horas hasta los 7 días, dependiendo del material⁽³⁷⁾, es así que este tiempo el material sigue absorbiendo moléculas del medio con una mayor velocidad, que luego va

reduciendo gradualmente, como se puede observar en la Figura N° 8, además existe una diferencia estadísticamente significativa ($p = 0,003$) entre los subgrupos del cemento resinoso autoadhesivo conforme van pasando los días, mientras que para el cemento resinoso autograbadador ($p = 0,570$) no existe esta diferencia significativa (Tabla N° 11 y 12), sin embargo para ambos grupos se observó que las medias van disminuyendo, lo que quiere decir que el material comienza a saturarse de las moléculas del medio.

Soares et al., 2014, también reportaron que cualquier cambio en la estructura química de la red polimérica puede causar degradación por hidrólisis, y que los cementos resinosos son susceptibles a la sorción de agua, ya que es un proceso pasivo de difusión que se produce paulatinamente, pero que puede conducir a alteraciones en la estructura del material y por ende a un impacto en sus propiedades.

Así mismo Ferracane J., Sideridou et al., y Petropoulou et al., encontraron una relación entre diferentes monómeros y su tasa de sorción, teniendo así que el monómero TEGDMA tiene mayores valores que Bis-GMA, y este mayores valores que UDMA, pero esta relación va a depender en gran medida si se encuentran asociados con otro tipo de monómeros, así como de la composición química del cemento y el medio que lo rodea.

Tavangar et al., 2017, reportaron que los cementos resinosos autoadhesivos presentaron mayores valores de sorción y solubilidad frente a los cementos de autograbado, debido al monómero HEMA encontrado en los cementos

autoadhesivos, lo que confirma una vez más que los monómeros ácido funcionales aún no pueden estabilizar su naturaleza hidrofílica. Asimismo, las propiedades mecánicas de estos materiales mejoran significativamente después de 24 horas, con lo evidenciado en nuestro estudio podemos corroborar que, con el transcurso de tiempo, los cementos resinosos se van saturando, por lo que habría un menor impacto en sus propiedades gradualmente.

Shibuya et al, 2019, reportaron que mientras el cemento resinoso autoadhesivo posea monómeros funcionales, el grado de sorción será directamente proporcional. Así mismo, Espíndola et al. 2020, describe que muchos factores pueden influir en la sorción del agua en la red polimérica, como la composición del relleno y volumen de la matriz de resina, y que los procesos de sorción y solubilidad son inherentes a los materiales dentales, afectando la biocompatibilidad, propiedades mecánicas, estabilidad de color, etc.

Por ende, el volumen de agua absorbido depende de las características químicas de la red polimérica, siendo esta también quien determinará la resistencia a la degradación hidrolítica del material, es decir que la sorción acuosa conduce a otro proceso denominado solubilidad.

Los valores de solubilidad a los 7 días en nuestro estudio mostraron que el cemento resinoso autoadhesivo obtuvo el único valor positivo para esta variable ($\bar{x} = 0,0007 \pm 0,0021 \mu\text{g}/\text{mm}^3$) al compararlo con el cemento resinoso autograbadador ($\bar{x} = -0,0012 \pm 0,0029 \mu\text{g}/\text{mm}^3$), como se observa el cemento resinoso autograbadador obtuvo una

media negativa, lo que se traduce en una ganancia mínima de masa con respecto a su masa inicial (m_1) pero sin un cambio volumétrico.

Espíndola et al., 2020, reportó que es dentro de los 7 días después de la polimerización donde los monómeros y partículas de relleno sin reaccionar se liberan en mayor proporción, y que el período de saturación varía entre los 7 a 60 días. Esto se alinea con lo encontrado en nuestro estudio, donde a los 7 días se obtuvo los mayores valores de sorción y solubilidad. Además, la sorción y solubilidad son procesos controlados por la difusión y que se producen directamente en la matriz polimérica, y que están íntimamente relacionados con la composición del material, tamaño y tipo de relleno, además del grado de conversión.

Pan et al. 2019, evidenció que los cementos resinosos autoadhesivos son más susceptibles a los daños acuosos, y que luego de la mezcla estos cementos son bastante hidrofílicos para penetrar y adaptarse al sustrato, y conforme avanza la reacción se vuelven más hidrófobos, y que poseen una tasa de polimerización más lenta, por ende un menor grado de conversión, esto explicaría que a los 7 días, cuando las reacciones de polimerización aún no son estables se haya encontrado el mayor valor de solubilidad para estos cementos, y sus mayores valores frente a los cementos resinosos de autograbado

Han et al., 2007, postularon que los cementos resinosos autoadhesivos poseen una alta resistencia a la solubilidad, sin embargo, explica este proceso como la liberación de partículas y disolución de la matriz, que podría ser debido a la descomposición de los elementos hidrofílicos de la matriz, y otra posible explicación que plantearon

es la débil unión entre las partículas de relleno y la matriz de resina, debido a que los compuestos de metacrilato de la matriz son fáciles de hidrolizar. Lo cual es reforzado por lo reportado por Müller et al., 2017, quienes describen los sitios de degradación como la propia matriz o entre el acoplamiento del agente de unión (silano) entre la matriz y las partículas de relleno.

Sin embargo, Kim et al., 2017, reportaron que los monómeros ácidos de los cementos resinosos autoadhesivos reducen la tasa de conversión, lo que conlleva a mayores valores de solubilidad frente a los cementos resinosos de autograbado, tal como se encontró en nuestro estudio. Además, estos hallazgos sugieren que los cementos resinoso autoadhesivos pueden sufrir una mayor degradación que los cementos de resina de autograbado en el entorno oral.

Ferracane J., 2006, sostuvo que la solubilidad conlleva a una degradación de monómeros y oligómeros sin reaccionar, así como de iones de las partículas de relleno, teniendo un impacto en las propiedades clínicas del material, así como una preocupación biológica, ya que estas partículas son liberadas a la cavidad bucal y dependiendo de la concentración y el tiempo de exposición, pueden provocar efectos nocivos. Tal como lo reportó también Nocca et al., 2015, quienes describieron que estos monómeros o partículas de relleno sin reaccionar dañan potencialmente los tejidos, produciendo una citotoxicidad en el medio bucal. Sin embargo, Soares et al., 2014, reportaron que mientras mayor sea la tasa de conversión de monómeros, la densidad de la red polimérica será mayor y por ende el material tendrá una mejor resistencia a la solubilidad.

Es así que Furuse et al., 2017, postularon que la activación por luz retardada muestra mejores resultados, ya que al esperar que se produzca la activación química antes de fotopolimerizar, se produce un polímero de mejor calidad, ya que una activación lumínica inmediata aumenta rápidamente la viscosidad del cemento, la cual disminuye la flexibilidad de la cadena polimérica, y por consiguiente la disminución de la movilidad de la cadena y una menor conversión de monómeros, lo que afecta las propiedades del material y los procesos estudiados en esta investigación.

Petropoulou et al., 2015, a diferencia de lo reportado para la sorción acuosa, en su investigación si encontraron diferencias estadísticamente significativas en la solubilidad del cemento resinoso autoadhesivo y autograbados, siendo el primero quien obtuvo menores valores de solubilidad, lo que contradice nuestros resultados, esto puede deberse en que se utilizó diferentes materiales, lo que hace plausible la diferencia, también encontró que los cementos resinosos con el monómero UDMA obtuvieron sólo valores negativos; y que todos los valores de sorción y solubilidad estaban en el umbral indicado por la ISO 4049, lo mismo que se reporta en nuestra investigación.

Mientras que Ghazy et al., 2010, reportaron que el cemento resinoso autoadhesivo en los primeros días, es quien obtiene valores mayores de solubilidad con respecto al cemento resinoso de autograbado, lo que se alinea con lo descrito en nuestro estudio; además extrapolaron sus resultados relacionándolos con una mayor tasa de microfiltración en este tipo de cementos; sin embargo, al cabo de 6 días no encontraron diferencias estadísticamente significativas, por lo que sostienen que

estas diferencias se dan con mayor concentración dentro de las 48 horas post cementación.

A los 15 días, la prueba de solubilidad mostró que ambos cementos tienen valores negativos, pero que nuevamente el cemento resinoso autoadhesivo obtuvo un valor mayor estadísticamente significativo ($\bar{x} = -0,0017 \pm 0,0012 \mu\text{g}/\text{mm}^3$) con respecto al cemento autograbadador ($\bar{x} = -0,0033 \pm 0,0015 \mu\text{g}/\text{mm}^3$), lo que comprueba que luego de un cierto período de tiempo, el cemento resinoso autoadhesivo se satura y reduce su proceso de degradación.

De la misma manera, Sokolowski et al. 2018, encontró que los cementos de resina de autograbado obtuvieron menores valores de solubilidad al compararlos con los cementos resinosos autoadhesivos, esto debido a la presencia de grupos monoméricos ácidos funcionales de los cementos autoadhesivos.

Los valores negativos de solubilidad pueden ser explicados por Pan et al. 2019, quienes describieron la obtención de valores negativos de solubilidad como la capacidad de sorción de agua y la elución de los monómeros no reactivos, ya que las moléculas de agua ocuparían espacios disponibles en la red polimérica o defectos morfológicos, y en consecuencia la construcción de la red no sufriría cambios significativos dimensionales, sin embargo se podría producir un efecto plastificante del polímero disminuyendo su dureza con el paso del tiempo.

Pace et al., 2007, reportó que una degradación adicional, se debe a la hidrólisis en la interfase entre las partículas de relleno y la matriz de resina, tal como lo

mencionaron Han et al., pero también sostienen que el agrietamiento de la matriz polimérica puede estar ausente o no continuar significativamente una vez que el material se ha saturado y permanece húmedo, como es el caso de la cavidad oral, lo que podría explicar lo sucedido con el cemento resinoso autoadhesivo, además en este tipo de cementos, los grupos ácido monoméricos luego de haber sido neutralizados pasan de ser hidrofílicos a hidrófobos.

Los resultados de solubilidad encontrados a los 30 días muestran al cemento resinoso autoadhesivo ($\bar{x} = -0,0032 \pm 0,0010 \mu\text{g}/\text{mm}^3$), y al cemento resinoso de autograbado ($\bar{x} = -0,0039 \pm 0,0019 \mu\text{g}/\text{mm}^3$) que continúan obteniendo valores negativos, como se puede observar la diferencia es mínima sin una diferencia estadísticamente significativa.

Marghalani H., 2012, también sostiene que la sorción y solubilidad están influenciadas por la diferencia en la composición química, principalmente en la matriz de resina, y que es el monómero quien posee un papel crítico en el desarrollo de estos procesos, siendo los materiales con el monómero UDMA y el éster de ácido fosfórico 4-META, quienes obtienen los valores más altos de sorción y solubilidad.

Esto concuerda con lo reportado por Ferracane et al., 2011, quienes sostienen que en los cementos resinosos autoadhesivos la selección de la estructura ácida del monómero es crítica, ya que proporciona la formación de un fuerte complejo acuoso insoluble de sales entre el calcio y el grupo monomérico ácido, como el 4-META y fenil-P quienes producen un complejo cálcico con una estabilidad más limitada a la

disolución. Esto explicaría en parte los resultados obtenidos en nuestra investigación.

Giti et al., 2016, reportó que la cantidad de monómeros ácidos influye en la sorción y solubilidad, y es probable que sea la causa de la diferencia encontrada en nuestro estudio. Además, confirmó que la sorción acuosa produce principalmente en la red polimérica, y la solubilidad produce sustancias tóxicas que pueden ser peligrosas para los tejidos orales. También evidenció una relación directa entre la sorción acuosa y solubilidad, los valores de solubilidad aumentan a medida que aumenta la sorción acuosa; sin embargo, nuestros resultados no muestran lo evidenciado por Giti et al, pero se puede evidenciar una relación entre los menores valores de sorción de los cementos resinosos de autograbado con menores valores de solubilidad, en contraste con lo encontrado para los cementos autoadhesivos.

Además, como se puede observar en las Tablas N° 16 y 17, entre los subgrupos de ambos cementos resinosos existe una diferencia estadísticamente significativa ($p = 0,006$ para el cemento resinoso autograbador y $0,000$ para el autoadhesivo) en la solubilidad y acorde a la Figura N° 12 conforme van pasando los días observamos que las medias van disminuyendo llegando a valores negativos, es decir el material se satura, liberando en un primer momento una mayor concentración de partículas de relleno, monómeros sin reaccionar junto con moléculas del medio, y en un segundo momento una mayor concentración de moléculas que absorbió del medio, dejando también parte de estas moléculas atrapadas dentro de la red polimérica, lo que se traduce en una mínima variación de su masa, sin cambio volumétrico.

Los procesos de sorción y solubilidad son inherentes a los materiales resinosos. La absorción de agua en la matriz de resina puede tener un efecto significativo en las dimensiones del material, que muchas veces sirve para compensar la contracción de polimerización, y esto se da entre la primera y cuarta semana, pero esto depende de las características y composición del material, tal como lo señala Bociong et al. 2017.

Entonces las propiedades de los materiales en los cementos resinosos, se debe principalmente a las variaciones en la matriz de resina, teniendo esto un alto impacto a nivel clínico, tal como lo vienen describiendo Toledano et al., desde el 2003, y que además existen diversos factores que contribuyen al proceso de solubilidad como monómeros sin reaccionar, química del solvente, tamaño y composición química del material; esto descrito también por Torabi et al., 2017, quienes además postulan que la degradación de la superficie produce una formación más rápida de una biopelícula, lo que conlleva a una caries recurrente y/o al inicio de una inflamación gingival puesto que los monómeros sin reaccionar pueden migrar y estimular el crecimiento de microorganismos alrededor de la restauración.

Es así que el proceso de sorción acuosa no es ajeno al proceso de solubilidad, sino que están íntimamente relacionados, tal como se ha descrito anteriormente.

El proceso de sorción acuosa conduce a un hinchamiento del material y por ende a un aumento de su masa, puesto que las moléculas de agua o del líquido al que se ha expuesto el material se difunden en la matriz de resina y separan las cadenas,

lo que crea una expansión de la red polimérica, lo cual en ocasiones puede compensar la contracción de la polimerización que experimentan estos materiales.

Por otro lado, los componentes que no hayan reaccionado provocarán una contracción, es decir una pérdida de masa y una reducción de las propiedades mecánicas.

Sin embargo, dado que la red polimérica contiene micro-gaps o poros creados durante la reacción de polimerización, una parte de las moléculas del líquido se aloja en estos sitios, llegando a saturar a los componentes del material.

Por lo tanto, el cambio dimensional de los cementos resinosos es un proceso complejo y difícil de predecir y depende principalmente de la estructura química del material.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- El cemento resinoso autoadhesivo RelyX™ U200 obtuvo valores mayores estadísticamente significativos de sorción acuosa en contraposición con el cemento resinoso autograbadador RelyX™ Ultimate a los 7 días.
- A los 7 días, ambos cementos mostraron los máximos valores de sorción acuosa $0,0341 \pm 0,0126 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ y $0,0450 \pm 0,0109 \mu\text{g}/\text{mm}^3$, para el cemento resinoso autograbadador y autoadhesivo, respectivamente.
- El cemento resinoso autoadhesivo RelyX™ U200 obtuvo el único valor positivo de solubilidad a los 7 días $0,0007 \pm 0,0021 \mu\text{g}/\text{mm}^3$.
- A los 15 días, ambos cementos resinosos mostraron valores negativos de solubilidad y a los 30 días ya no existía una solubilidad estadísticamente significativa entre ambos cementos resinosos.
- Todos los valores de sorción acuosa y solubilidad de ambos cementos se encontraron dentro de los valores establecidos para estos materiales en la ISO 4049.

5.2 Recomendaciones

Finalmente, podemos recomendar:

- Continuar con la línea de investigación de nuestro estudio con una mayor diversidad de materiales existentes en nuestro medio, para obtener el respaldo científico acorde a nuestra realidad.
- Seguir evaluando estos materiales en pruebas *in vitro* con diferentes sustratos, que puedan simular las condiciones de la cavidad bucal para obtener un mayor alcance y entendimiento de su comportamiento clínico.
- Evaluar los procesos estudiados en esta investigación en cortos períodos de tiempo para poder identificar los momentos críticos de cada material a mayor detalle.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Hermida Chávez ED. Microfiltración marginal en restauraciones indirectas clase II de resina cementadas con cementos resinosos autoadhesivo y de grabado total. Universidad Central de Ecuador. Quito; 2016.
2. Good ML, Orr JF, Mitchell CA. In vitro study of mean loads and modes of failure of all-ceramic crowns cemented with light-cured or dual-cured luting cement, after 1 and 30 d of storage. *Eur J Oral Sci.* 2008;116(1):83-8.
3. Gavidia Pazmiño JF. Estudio comparativo in vitro de la fuerza de adhesión entre dos cementos resinosos autoadhesivos para la cementación de incrustaciones inlays de cerámico y sus variaciones con y sin la aplicación de ácido ortofosfórico. Universidad Central de Ecuador. Quito; 2016.
4. Li Rodriguez JK. Evaluación in vitro de la discrepancia marginal y microfiltración de cuatro cementos de resina usados en cementado de coronas de óxido de circonio. Universidad Complutense de Madrid. Madrid; 2016.
5. O'Keefe K, Powers JM. Light-Cured Resin Cements for Cementation of Esthetic Restorations. *J Esthet Restor Dent.* 1990;2(5):129-33.
6. Fraga RC, Luca-Fraga LRL, Pimenta LAF. Physical properties of resinous cements: An in vitro study. *J Oral Rehabil.* 2000;27(12):1064-7.
7. Sosa Flores BJ. Cementos Resinosos. Universidad Peruana Cayetano Heredia. Lima; 2010.
8. Carrillo C. Michael G. Buonocore, padre de la odontología adhesiva moderna,

63 años del desarrollo de la técnica del grabado del esmalte (1955-2018). Rev ADM. 2018;75(3):135-42.

9. Severino R, Severino R, Vivas Ruiz D, A. Sandoval G. Estudio comparativo mediante Microscopía Electrónica de dos tipos de ionómeros de vidrio sometidos a un proceso químico. *Ágora Rev Científica*. 2017;3(2):351.
10. Martín Hernández J. Aspectos prácticos de la adhesión a dentina. *Av Odontoestomatol*. 2004;20(1):19-32.
11. Giráldez I, Ceballos L, Garrido MA, Rodríguez J. Early hardness of self-adhesive resin cements cured under indirect resin composite restorations. *J Esthet Restor Dent*. 2011;23(2):116-24.
12. Solon-de-Mello M, da Silva Fidalgo TK, dos Santos Letieri A, Masterson D, Granjeiro JM, Monte Alto R V., et al. Longevity of indirect restorations cemented with self-adhesive resin luting with and without selective enamel etching. A Systematic review and meta-analysis. *J Esthet Restor Dent*. 2019;31(4):327-37.
13. Han L, Okamoto A, Fukushima M, Okiji T. Evaluation of physical properties and surface degradation of self-adhesive resin cements. *Dent Mater J*. 2007;26(6):906-14.
14. Altintas SH, Usumez A. Evaluation of monomer leaching from a dual cured resin cement. *J Biomed Mater Res - Part B Appl Biomater*. 2008;86(2):523-9.
15. Torabi Ardakani M, Atashkar B, Bagheri R, Burrow MF. Impact of bleaching agents on water sorption and solubility of resin luting cements. *J Investig Clin*

- Dent. 2017;8(3):1-6.
16. Nocca G, Iori A, Rossini C, Martorana GE, Ciasca G, Arcovito A, et al. Effects of barriers on chemical and biological properties of two dual resin cements. *Eur J Oral Sci.* 2015;123(3):208-14.
 17. Ghazy M, El-Mowafy O, Roperto R. Microleakage of porcelain and composite machined crowns cemented with self-adhesive or conventional resin cement. *J Prosthodont.* 2010;19(7):523-30.
 18. Weiser F, Behr M. Self-Adhesive Resin Cements: A Clinical Review. *J Prosthodont.* 2015;24(2):100-8.
 19. Lafuente JD, Chaves A, Carmiol R. Bond strength of dual-cured resin cements to human teeth. *J Esthet Restor Dent.* 2000;12(2):105-10.
 20. Vaz RR, Hipólito V Di, D'Alpino PHP, Goes MF de. Bond Strength and Interfacial Micromorphology of Etch-and-Rinse and Self-Adhesive Resin Cements to Dentin. *J Prosthodont.* 2012;21(2):101-11.
 21. da Silva Fonseca ASQ, Mizrahi J, Menezes LR, Valente LL, de Moraes RR, Schneider LF. The effect of time between handling and photoactivation on self-adhesive resin cement properties. *J Prosthodont.* 2014;23(4):302-7.
 22. Burgess JO, Ghuman T, Cakir D. Self-adhesive resin cements. *J Esthet Restor Dent.* 2010;22(6):412-9.
 23. Yoshida K, Tsuo Y, Meng X, Atsuta M. Mechanical properties of dual-cured resin luting agents for ceramic Restoration: Basic science research. *J Prosthodont.* 2007;16(5):370-6.

24. Petropoulou A, Vrochari AD, Hellwig E, Stampf S, Polydorou O. Water sorption and water solubility of self-etching and self-adhesive resin cements. *J Prosthet Dent.* 2015;114(5):674-9.
25. Ferracane JL, Stansbury JW, Burke FJT. Self-adhesive resin cements - chemistry, properties and clinical considerations. *J Oral Rehabil.* 2011;38(4):295-314.
26. Vaca MJ, Ceballos L, Fuentes M V., Osorio R, Toledano M, García-Godoy F. Sorción y solubilidad de materiales formulados con resina. *Av Odontoestomatol.* 2003;19(6):283-9.
27. Pace LL, Hummel SK, Marker VA, Bolouri A. Comparison of the flexural strength of five adhesive resin cements. *J Prosthodont.* 2007;16(1):18-24.
28. Bociog 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).
29. Mazzitelli C, Monticelli F, Toledano M, Ferrari M, Osorio R. Dentin treatment effects on the bonding performance of self-adhesive resin cements. *Eur J Oral Sci.* 2010;118(1):80-6.
30. Müller JA, Rohr N, Fischer J. Evaluation of ISO 4049: water sorption and water solubility of resin cements. *Eur J Oral Sci.* 2017;125(2):141-50.
31. Aguiar TR, Di Francescantonio M, Bedran-Russo AK, Giannini M. Inorganic composition and filler particles morphology of conventional and self-adhesive resin cements by SEM/EDX. *Microsc Res Tech.* 2012;75(10):1348-52.

32. Furuse AY, Santana LOC, Rizzante FAP, Ishikiriyama SK, Bombonatti JF, Correr GM, et al. Delayed Light Activation Improves Color Stability of Dual-Cured Resin Cements. *J Prosthodont*. 2018;27(5):449-55.
33. Lee IB, Um CM. Thermal analysis on the cure speed of dual cured resin cements under porcelain inlays. *J Oral Rehabil*. 2001;28(2):186-97.
34. Broyles AC, Pavan S, Bedran-Russo AK. Effect of dentin surface modification on the microtensile bond strength of self-adhesive resin cements. *J Prosthodont*. 2013;22(1):59-62.
35. Vanderlei A, Passos SP, Özcan M, Bottino MA, Valandro LF. Durability of Adhesion between Feldspathic Ceramic and Resin Cements: Effect of Adhesive Resin, Polymerization Mode of Resin Cement, and Aging. *J Prosthodont*. 2013;22(3):196-202.
36. Sokolowski G, Szczesio A, Bociong K, Kaluzinska K, Lapinska B, Sokolowski J, et al. Dental resin cements-The influence of water sorption on contraction stress changes and hygroscopic expansion. *Materials (Basel)*. 2018;11(6).
37. Manso AP, Carvalho RM. Dental Cements for Luting and Bonding Restorations Self-Adhesive Resin Cements. *Dent Clin North Am*. 2017;61(4):821-34.
38. Radovic I, Monticelli F, Goracci C, Vulicevic ZR, Ferrari M. Self-adhesive resin cements: a literature review. *J Adhes Dent*. 2008;10(4):251-8.
39. Pan Y, Xu X, Sun F, Meng X. Surface morphology and mechanical properties of conventional and selfadhesive resin cements after aqueous aging. *J Appl*

Oral Sci. 2019;27:1-8.

40. Takenaka H, Ouchi H, Sai K, Kawamoto R, Murayama R, Kurokawa H, et al. Ultrasonic measurement of the effects of light irradiation and presence of water on the polymerization of self-adhesive resin cement. *Eur J Oral Sci.* 2015;123(5):369-74.
41. Prieto LT, José Souza-Junior E, Pimenta Araújo CT, Lima AF, dos Santos Dias CT, Maffei Sartini Paulillo LA. Knoop hardness and effectiveness of dual-cured luting systems and flowable resin to bond leucite-reinforced ceramic to enamel. *J Prosthodont.* 2013;22(1):54-8.
42. Espíndola-Castro LF, Brito OFF De, Araújo LGA, Santos ILA, Monteiro GQDM. In Vitro Evaluation of Physical and Mechanical Properties of Light-Curing Resin Cement: A Comparative Study. *Eur J Dent.* 2020;14(1):152-6.
43. Burey A, dos Reis PJ, Santana Vicentin BL, Dezan Garbelini CC, Grama Hoepfner M, Appoloni CR. Polymerization shrinkage and porosity profile of dual cure dental resin cements with different adhesion to dentin mechanisms. *Microsc Res Tech.* 2018;81(1):88-96.
44. Arévalo Barriga DA. Análisis comparativo entre los cementos resinosos de autocurado y foto polimerizable en microfiltraciones marginales. Universidad de Guayaquil. Guayaquil; 2014.
45. Shim JS, Kang JK, Jha N, Ryu JJ. Polymerization Mode of Self-Adhesive, Dual-Cured Dental Resin Cements Light Cured Through Various Restorative Materials. *J Esthet Restor Dent.* 2017;29(3):209-14.

46. Tango RN, Sinhoreti MAC, Correr AB, Correr-Sobrinho L, Henriques GEP. Effect of light-curing method and cement activation mode on resin cement Knoop hardness: Basic science research. *J Prosthodont.* 2007;16(6):480-4.
47. Aguiar TR, Vermelho PM, André CB, Giannini M. Interfacial ultramorphology evaluation of resin luting cements to dentin: A correlative scanning electron microscopy and transmission electron microscopy analysis. *Microsc Res Tech.* 2013;76(12):1234-9.
48. Rengo C, Goracci C, Juloski J, Chieffi N, Giovannetti A, Vichi A, et al. Influence of phosphoric acid etching on microleakage of a self-etch adhesive and a self-adhering composite. *Aust Dent J.* 2012;57(2):220-6.
49. Araújo CTP, Prieto LT, Costa DC, Bosso MA, Coppini EK, Dias CTS, et al. Active application of primer acid on acid-treated enamel: Influence on the bond effectiveness of self-etch adhesives systems. *Microsc Res Tech.* 2017;80(8):943-9.
50. Kim HJ, Bagheri R, Kim YK, Son JS, Kwon TY. Influence of curing mode on the surface energy and sorption/solubility of dental self-adhesive resin cements. *Materials (Basel).* 2017;10(2).
51. 3M ESPE. RelyX Ultimate adhesive resin cement: Technical Data Sheet. Industry news. 3M ESPE. Seefeld, Germany. p. 1-16.
52. Shibuya K, Ohara N, Ono S, Matsuzaki K, Yoshiyama M. Influence of 10-MDP concentration on the adhesion and physical properties of self-adhesive resin cements. *Restor Dent Endod.* 2019;44(4):1-10.

53. Villarroel Farias LA. Estudio comparativo in vitro de microfiltración marginal en restauraciones indirectas cementadas con cemento dual con y sin fotopolimerización. Universidad de Chile. Santiago; 2012.
54. Swift EJ. Self-Adhesive Resin Cements - Part II. J Esthet Restor Dent. 2012;24(4):288-9.
55. Swift EJ. Self-Adhesive Resin Cements - Part II. J Esthet Restor Dent. 2012;24(4):288-9.
56. Tavangar M, Jafarpur D, Bagheri R. Evaluation of compressive strength and sorption / solubility of four luting cements. J Dent Biomater. 2017;4(2):387-93.
57. Saskalauskaite E, Tam LE, McComb D. Flexural strength, elastic modulus, and pH profile of self-etch resin luting cements. J Prosthodont. 2008;17(4):262-8.
58. 3M ESPE. RelyX U200 Self Adhesive Resin Cement Technical Data Sheet. Industry news. 3M ESPE. Seefeld,Germany. p. 1-14.
59. Nevárez R, González L, Ceballos G, Orrantia B, Makita A, Nevárez R. Influencia de la humedad sobre las resinas compuestas de uso odontológico. Synthesis (Stuttg). 2008;1(9):1-10.
60. Giti R, Vojdani M, Abduo J, Bagheri R. The Comparison of Sorption and Solubility Behavior of Four Different Resin Luting Cements in Different Storage Media. J Dent (Shiraz, Iran). 2016;17(2):91-7.
61. Sideridou ID, Karabela MM, Vouvoudi EC. Volumetric dimensional changes of dental light-cured dimethacrylate resins after sorption of water or ethanol. Dent

- Mater. 2008;24(8):1131-6.
62. Marghalani HY. Sorption and solubility characteristics of self-adhesive resin cements. Dent Mater. 2012;28(10):e187-98.
 63. Ferracane JL. Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer networks. Dent Mater. 2006;22(3):211-22.
 64. Toledano M, Osorio R, Osorio E, Fuentes V, Prati C, García-Godoy F. Sorption and solubility of resin-based restorative dental materials. J Dent. 2003;31(1):43-50.
 65. Passos SP, Kimpara ET, Bottino MA, Rizkalla AS, Santos GC. Effect of Ceramic Thickness and Shade on Mechanical Properties of a Resin Luting Agent. J Prosthodont. 2014;23(6):462-6.
 66. Kim YK, Kim SK, Kim KH, Kwon TY. Degree of conversion of dual-cured resin cement light-cured through three fibre posts within human root canals: An ex vivo study. Int Endod J. 2009;42(8):667-74.
 67. Veranes Y, Krael R, Gerber M, Correa D, Alvarez R. Estudio De La Absorción Y Solubilidad En Agua De Composites Dentales Fotopolimerizables. Rev Cuba Química. 2006;XVIII(1):298-9.
 68. Lakic L, Symons A, Meyers I. Shear bond strength of conventional resin cement and self-etch/self-adhesive resin cement to enamel. Aust Dent J. 2007;52(S4):S45-S45.
 69. Monteiro GQM, Souza FB, Pedrosa RF, Sales GCF, Castro CMMB, Fraga SN, et al. In vitro biological response to a self-adhesive resin cement under

different curing strategies. J Biomed Mater Res - Part B Appl Biomater. 2010;92(2):317-21.

70. Boscato N, Pereira-Cenci T, Moraes RR. Self-adhesive resin cement for luting glass fiber posts. J Esthet Restor Dent. 2014;26(6):417-21.
71. International Standard Organization. ISO 4049:2009-10. Dentistry-Polymer-based restorative materials.
72. Hernández Sampieri, Roberto; Fernández Collado Carlos; Baptista Lucio M del P. Metodología de la Investigación. 6a ed. México D.F.: Hill, McGraw; 2014.

ANEXOS

Anexo. Matriz de Coherencia Interna

Comparación de la sorción acuosa y solubilidad de un cemento resinoso de autograbado y un cemento resinoso autoadhesivo.				
Un estudio <i>in vitro</i> .				
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA
<p>General ¿La sorción acuosa y solubilidad serán diferentes entre un cemento resinoso autograbador y un cemento resinoso autoadhesivo?</p>	<p>General Comparar el grado de sorción acuosa y solubilidad del cemento resinoso autograbador y autoadhesivo, in vitro.</p>	<p>General La sorción acuosa y solubilidad del cemento resinoso autoadhesivo será mayor que el cemento resinoso autograbador.</p>	<p>INDEPENDIENTE</p> <p>Cemento Resinoso Indicador: Nombre comercial, marca y composición.</p> <p>Tiempo Indicador: Días</p>	<p>Tipo de Investigación Experimental</p> <p>Diseño del estudio Prospectivo y longitudinal</p> <p>Población y Muestra Discos de cemento de resina de autograbado y autoadhesiva</p>

<p style="text-align: center;">Específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuál es la sorción acuosa de un cemento resinoso autograbadador? • ¿Cuál es la solubilidad de un cemento resinoso autograbadador? <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuál es la sorción acuosa de un cemento resinoso autoadhesivo? • ¿Cuál es la solubilidad de un cemento resinoso autoadhesivo? 	<p style="text-align: center;">Específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identificar la sorción acuosa del cemento resinoso autograbadador medido a los 7,15 y 30 días, <i>in vitro</i>. • Identificar la sorción acuosa del cemento resinoso autoadhesivo medido a los 7,15 y 30 días, <i>in vitro</i>. • Evaluar cuál de los dos cementos resinosos presenta mayor o menor sorción acuosa, <i>in vitro</i>. • Identificar la solubilidad del cemento resinoso autograbadador medido a los 7,15 y 30 días, <i>in vitro</i>. • Identificar la solubilidad del cemento resinoso autoadhesivo medido a los 7,15 y 30 días, <i>in vitro</i>. • Evaluar cuál de los dos cementos resinosos presenta mayor o menor solubilidad, <i>in vitro</i>. 	<p style="text-align: center;">Específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • La sorción acuosa del cemento resinoso autoadhesivo será mayor que la del cemento resinoso autograbadador. • La solubilidad del cemento resinoso autoadhesivo será mayor que la del cemento resinoso autograbadador. 	<p style="text-align: center;">DEPENDIENTE</p> <p style="text-align: center;">Sorción Acuosa Indicador: Microgramos de ganancia de masa.</p> <p style="text-align: center;">Solubilidad Indicador: Microgramos de pérdida de masa.</p>	
--	---	---	---	--

Anexo. Ficha de recolección de datos para la Sorción acuosa.

Cemento Resinoso	N° Muestra	Masa 2 (μg)	Masa 3 (μg)	VALOR DE SORCIÓN ACUOSA $W_{sp} = (m_2 - m_3) / v$
<input type="checkbox"/> Autograbado <input type="checkbox"/> Autoadhesivo	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
	7			
Subgrupo	8			
<input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 15 <input type="checkbox"/> 30	9			
	10			
	11			
	12			
	13			
	14			
	15			

Anexo. Ficha de recolección de datos para la Solubilidad

Cemento Resinoso	N° Muestra	Masa 1 (µg)	Masa 3 (µg)	VALOR DE SOLUBILIDAD $W_{sl} = (m_1 - m_3) / v$
<input type="checkbox"/> Autograbado <input type="checkbox"/> Autoadhesivo	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
	7			
Subgrupo	8			
<input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 15 <input type="checkbox"/> 30	9			
	10			
	11			
	12			
	13			
	14			
	15			

Anexo. Cemento resinoso autograbado RelyX™ Ultimate y Cemento resinoso autoadhesivo RelyXU200™, utilizados en el estudio.



Anexo. Confección de los discos en el laboratorio según la norma ISO 4049.

