



**Universidad
Andrés Bello®**

UNIVERSIDAD ANDRES BELLO

Facultad de Odontología

**GRADO DE CONVERSIÓN DEL ADHESIVO AMBAR EN DISTINTAS
PORCIONES DEL CONDUCTO RADICULAR: ESTUDIO IN VITRO.**

Tesis para optar al título de Cirujano Dentista

Alumna: Valentina Chamorro Vásquez

Profesor Tutor: Dr. Francisco Galdames Riquelme

Profesora Guía: Dra. Alexandra Torres Aguayo

CONCEPCIÓN, CHILE

2016

DEDICATORIA

A mis queridos padres Nora y Fernando, que me han entregado todo su amor, paciencia y cariño durante esta etapa.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer, en primer lugar a Dios, por regalarme la oportunidad de vivir este momento y por haberme acompañado a lo largo de este lindo proceso.

Le agradezco a mis padres, hermanos y amigos que me han brindado su apoyo incondicional e inmesurable.

Agradezco a cada uno de los docentes que formó parte del equipo humano y profesional que fue parte de mi formación académica y que mantuvieron vivo en mí el interés por la ciencia y el servicio a los demás. A todo el equipo de funcionarios de la Clínica Odontológica, que hacían que cada día fuese más ameno.

Agradezco especialmente a la Dra. Alexandra Torres, por su paciencia y dedicación desde un comienzo y hasta el final; al Dr. Francisco Galdames, por darme la oportunidad de crecer profesionalmente y compartir su conocimiento y experiencia conmigo; y finalmente a la Sra. Rosa Valenzuela y al Dr. Nazmy Reyes, quienes tuvieron una participación fundamental en el desarrollo de este trabajo.

A todos, muchas gracias.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	8
ABSTRACT	10
1.- PRESENTACIÓN Y FUNDAMENTACIÓN DEL ESTUDIO	12
2.- MARCO TEÓRICO	14
2.1.-Conducto radicular	14
2.1.1.- Concepto	14
2.1.2.- Descripción anatómica	14
2.1.3.- Tipos de conducto	16
2.1.4.- Variaciones anatómicas	17
2.1.5.- Procedimientos intrarradiculares	17
2.2.- Adhesión	18
2.2.1.- Concepto	18
2.2.2.- Adhesión en odontología	19
2.2.3.- Composición de los sistemas adhesivos	20
2.2.4.- Clasificación de los sistemas adhesivos	21
2.2.5.- Factores que influyen en la adhesión	22
2.2.6.- Adhesivos fotoactivados	24
2.2.7.- Fotoiniciadores	25
2.2.8.- Fotopolimerización	25
2.3.- Grado de conversión	27

3.- MARCO EMPÍRICO	28
4.- FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	33
5.- OBJETIVOS	34
6.- HIPÓTESIS	35
7.- OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	36
8.- METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	38
8.1.- Tipo de estudio	38
8.2.- Población de estudio	38
8.2.1.- Unidad de análisis	39
8.2.2.- Muestra	39
8.3.- Recolección de datos	40
8.3.1.- Procedimiento	40
8.3.2.- Descripción y aplicación de instrumento	46
8.3.3.- Procesamiento y análisis de los datos	46
9.- CONSIDERACIONES ÉTICAS	47
10.- PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	48
11.- DISCUSIÓN	50
12.- CONCLUSIÓN	52
13.- COMENTARIOS	53
14.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1: Porciones del conducto radicular	13
Imagen 2: Conducto cementario y dentinario	13
Imagen 3: Clasificación de conductos	14
Imagen 4: Tubos de goma	41
Imagen 5: Dispositivo de silicona	41
Imagen 6: Posición de la luz	41
Imagen 7: Fotopolimerización	41
Imagen 8: Radiómetro	41
Imagen 9: Sección transversal	41
Imagen 10: Sección longitudinal	42
Imagen 11: Retiro de muestra	42
Imagen 12: Recolección de muestra	42
Imagen 13: Pastillas de análisis	42
Imagen 14: Prensa de carga	42
Imagen 15: Espectrofotómetro infrarrojo	43
Imagen 16: Materiales	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Grado de conversión según porciones del conducto radicular	48
Tabla 2: Comparación de los grados de conversión según porciones del conducto radicular	49

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Grado de conversión según porciones del conducto radicular	49
---	----

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Espectros infrarrojos	56
Anexo 2: Planilla de recolección de datos	66
Anexo 3: Carta de autorización Comité Bioética	67

RESUMEN

Antecedentes: Debido a las características del conducto radicular, la técnica adhesiva intraconducto supone un riesgo de los resultados clínicos, sobre todo con sistemas fotopolimerizables, ya que el acceso de luz se ve restringido, lo que dificulta alcanzar niveles óptimos en el grado de conversión de los materiales. Actualmente, no existen estudios que evalúen el grado de conversión de un adhesivo odontológico en su aplicación intraconducto.

Justificación: Esta investigación se fundamentó en la necesidad de valorar el grado de conversión intraconducto del adhesivo Ambar, fenómeno clave en la calidad de la adhesión, sobretodo en la rehabilitación de piezas dentales tratadas endodónticamente.

Objetivo: Determinar el grado de conversión del adhesivo Ambar en su aplicación intraconducto.

Materiales y métodos: Estudio de abordaje cuantitativo, cuyo diseño es experimental, con tres grupos de estudio, cada uno de ellos formado por 10 muestras de adhesivo Ambar confeccionadas a partir de su fotopolimerización a diferentes distancias dentro de un dispositivo de goma antiadherente que simuló las condiciones intrarradiculares en cuanto a longitud y diámetro. A partir de cada muestra se formó una pastilla compacta que fue analizada a través de la técnica de espectrofotometría infrarroja (FT-IR) que determinó el grado de conversión del polímero formado. Para el análisis de los datos se utilizó el software estadístico SPSS v.24 y técnicas de análisis descriptivo e inferencial para evaluación de los resultados. Con la finalidad de evaluar los grados de conversión en las diferentes porciones del conducto radicular se realizó un test de normalidad y análisis con métodos de tipo paramétricos Anova y test de comparaciones múltiples.

Resultados observados: El grado de conversión del adhesivo Ambar en su aplicación intraconducto presentó variaciones según las diferentes zonas de análisis. La porción superior del conducto presentó una conversión de 61,3% calificada como suficiente; la porción media un 52% y por último, la porción inferior un 39,5% de conversión, ambas deficientes, considerándose diferencias estadísticamente significativas.

Conclusiones: El uso de adhesivos fotoactivados en procedimientos intraconducto no es recomendado en la práctica clínica, al no alcanzar niveles óptimos de conversión del polímero formado en las porciones media e inferior del conducto radicular, en donde se encontraron diferencias estadísticamente significativas.

Palabras clave: Conducto radicular, adhesivo, grado de conversión.

(Fuente: Descriptores en Tesauros DeCS y MeSH)

ABSTRACT

Background: Due to the characteristics of the root canal, the intraconductive adhesive technique poses a risk of clinical results, especially with light-curing systems, because light access is restricted, which makes it difficult to reach optimal levels in the degree of conversion of the materials. There are currently no studies evaluating the degree of conversion of a dental adhesive into its intraconductive application.

Justification: This research was based on the need to assess the degree of intraconduct conversion of the Ambar adhesive, a key phenomenon in the quality of adhesion, especially in the rehabilitation of endodontically treated dental pieces.

Purpose: Determine the degree of conversion of the Ambar adhesive into its intraconduct application.

Materials and Methods: A quantitative approach, whose design is experimental, with three study groups, each consisting of 6 samples of Ambar adhesive made from its photopolymerization at different distances within a non-stick rubber device that simulated intraradicular conditions as To length and diameter. From each sample a compact tablet was formed that was analyzed through the technique of infrared spectrophotometry (FT-IR) that determined the degree of conversion of the formed polymer. Statistical software SPSS v.24 and descriptive and inferential analysis techniques were used to analyze the data. In order to evaluate the degrees of conversion in the different portions of the root canal, a normality test and analysis with Anova parametric type methods and multiple comparison tests were performed.

Observed results: The degree of conversion of the Ambar adhesive into its intraconduct application varied according to the different areas of analysis. The upper portion of the conduit had a conversion of 61.3% rated as sufficient; the

mean portion was 52%, and finally the lower portion was 39.5%, both of which were deficient, being considered statistically significant differences.

Conclusions: The use of photoactivated adhesives in intraconductive procedures is not recommended in clinical practice, as it does not reach optimum levels of conversion of the polymer formed in the middle and lower portions of the root canal, where statistically significant differences were found.

Keywords: Root canal, adhesive degree of conversion.

(Source: Descriptors to MeSH and DeCS Thesaurus).

1.- PRESENTACIÓN Y FUNDAMENTACIÓN DEL ESTUDIO

En la actualidad, los tratamientos odontológicos restauradores se basan principalmente en la eficacia y eficiencia de la técnica adhesiva, por lo que los avances en los materiales adhesivos se enfocan en la búsqueda de un rendimiento clínico cada vez mayor, a través del mejoramiento de los componentes, del funcionamiento del material y de la simplificación de los procedimientos, para alcanzar mejores resultados en menor tiempo (1).

Uno de los tratamientos más comunes es la rehabilitación sobre piezas dentales tratadas endodónticamente, el cual se lleva a cabo a través de un anclaje al conducto con el que se otorga retención a la restauración definitiva, contribuyendo así, a la distribución de cargas de manera uniforme a la pieza dentaria (2). La causa más frecuente de fracaso en estos procedimientos es el desprendimiento de los pernos de anclaje, debido a una falla de la adhesión en la interfase dentina-agente cementante (3).

Hoy en día, existen estudios que han comprobado que siguiendo rigurosamente los protocolos indicados por el fabricante se asegura el éxito de los tratamientos adhesivos y disminuye fallas de tipo adhesiva y cohesiva (4) (5). Sin embargo, en algunos casos, existe discrepancia teórica entre el uso clínico y las indicaciones otorgadas por el fabricante. Un ejemplo de esto, es el número de capas aplicadas de adhesivo, en donde clínicamente por norma general se aplican dos capas aun cuando el fabricante recomiende una sola (6).

Debido a las características anatómicas e histológicas propias del conducto radicular, lo anterior supone un riesgo en la calidad de la adhesión intraconducto (7) sobre todo en aquellos sistemas adhesivos fotopolimerizables, en los cuales el acceso de la luz fotoactivadora se vería alterado (8).

El propósito de esta investigación es evaluar cuantitativamente el grado de conversión de un adhesivo en su aplicación intraconducto según el protocolo clínico indicado por el fabricante y compararlo con la evidencia teórica actual.

La comparación con los resultados obtenidos en otros estudios determinó que la calidad de la adhesión intrarradicular difiere en diversas porciones del conducto (9), al ser evaluados mediante la técnica de espectrofotometría infrarroja, método que es considerado el más indicado para este fin (10).

Justificación

Esta investigación se fundamentó en la necesidad de entregar evidencia científica y unificar criterios en cuanto al conocimiento teórico y práctico de los sistemas adhesivos contemporáneos con el objetivo de alcanzar el mayor rendimiento clínico de la técnica.

A su vez, tuvo el propósito de servir como referencia para la estandarización de esta técnica, la cual busca constantemente ser simplificada para su ejecución por parte del operador, aportando al mismo tiempo conocimientos teóricos para una mejor elección de los materiales por parte de los profesionales y entregar las bases para nuevas investigaciones en el futuro.

2.- MARCO TEÓRICO

La presente investigación se fundamenta en tres pilares fundamentales:

- Conducto radicular
- Adhesión
- Grado de conversión

2.1.- CONDUCTO RADICULAR

2.1.1- Concepto

El conducto radicular se define como una cavidad que aloja a la pulpa dentaria, la cual provee los elementos nutricios e inervación al diente que lo protegen de los agentes externos (11). Forma parte de la cavidad pulpar y le rodea una capa de dentina a través de la cual se proyecta una gran cantidad de túbulos que contienen extensiones odontoblásticas y que se inserta en el hueso alveolar a través de su capa más externa, constituida por cemento desde el que se adhieren las resistentes fibras del ligamento periodontal, que soportan y permiten la estabilidad del diente en la arcada dentaria.

2.1.2.- Descripción anatómica

Tiene forma cónica con la base mayor dirigida hacia el piso y el vértice hacia la porción apical, forma similar a la de la raíz. Con fines didácticos y para su descripción, es posible dividir el conducto radicular en tercios, los cuales se observan en la Imagen 1:

1. Tercio cervical (C)
2. Tercio medio (M)
3. Tercio apical (A)

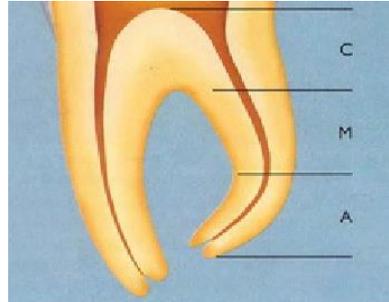


Imagen 1:

Porciones del conducto radicular

El conducto radicular está constituido por dos conos unidos por sus vértices: uno largo o conducto dentinario, donde se localiza la pulpa dentaria (A), tiene por límite apical la unión cemento - dentina - conducto (CDC) y otro conducto muy corto o conducto cementario (B) (12), los cuales se observan en la Imagen 2:

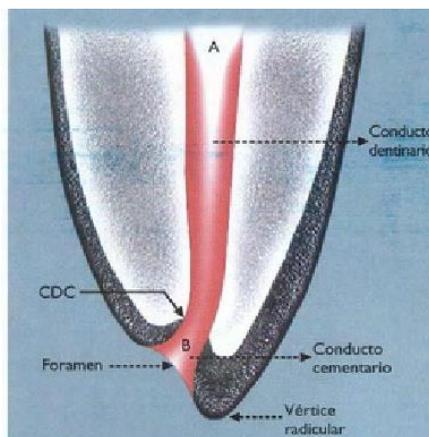


Imagen 2:

Conducto cementario y dentinario

2.1.3.- Tipos de conductos

Esta clasificación se basa en una serie de estudios que involucran histología, transparencias, radiografías, impresiones, etc., demostraron que el conducto principal puede presentar numerosas ramificaciones (13), que reciben su nombre de acuerdo con su posición o características, las cuales se pueden observar en la Imagen 3:

- a. Principal: el conducto más amplio.
- b. Colateral: paralelo al conducto principal.
- c. Lateral: en el tercio medio o cervical.
- d. Secundario: en el tercio apical.
- e. Accesorio: ramificación del secundario.
- f. Interconducto: une dos conductos entre sí.
- g. Recurrente: sale del conducto principal y retorna a él.
- h. Delta apical: numerosas terminaciones del conducto.
- i. Cavo interradicular: sale del piso a la bifurcación.

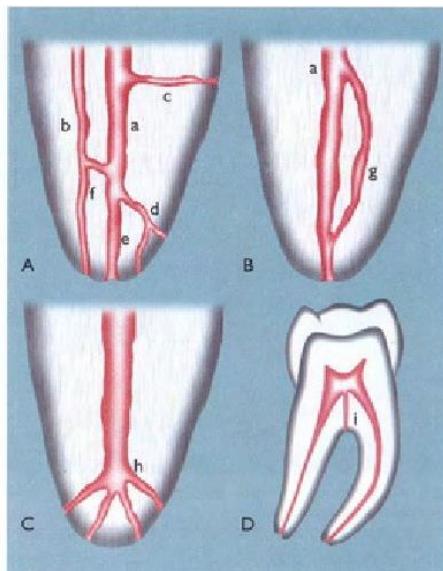


Imagen 3

Clasificación de conductos

2.1.4.- Variaciones anatómicas

Frente a todos los riesgos que implica instrumentar un canal radicular, resulta importante para el odontólogo conocer a cabalidad la anatomía del diente a tratar y sus posibles variaciones anatómicas (14).

Las variaciones morfológicas ocurren por la interacción anormal de tejidos durante las señaladas fases del desarrollo dentario. Algunos ejemplos corresponden al canino mandibular, que se considera en su mayoría como unirradicular, a excepción de 15% de los casos, presentando dos conductos radiculares (15). Por otro lado, en los segundos molares mandibulares se pueden presentar conductos en C, los cuales fueron documentados por primera vez en 1979 (16).

2.1.5.- Procedimientos intrarradiculares

La Endodoncia es una especialidad de la odontología, reconocida como tal por la Asociación Dental Americana en 1963, que estudia la estructura, morfología y fisiología de las cavidades dentarias coronal y radicular que contienen a la pulpa dental y a su vez, trata la patología del complejo dentino-pulpar y de la región periapical (14).

Posterior al tratamiento endodóntico es necesario rehabilitar la pieza dentaria a través de una restauración que puede o no abarcar el interior del conducto, ya sea a través de un procedimiento directo, como lo es un composite, o también a través de uno indirecto, cómo lo es una prótesis fija unitaria. Este último tipo de rehabilitación, dependiendo del caso, puede o no estar anclada al conducto radicular. En cualquier caso, la adhesión juega un rol fundamental en el éxito del tratamiento.

2.2.- ADHESIÓN

2.2.1.- Concepto

La Real Academia Española de la Lengua establece que la palabra adhesión deriva del latín “*adhaesio*” y se refiere a la “atracción que mantiene unidas moléculas de distinta especie química” (8). Cotidianamente, la palabra adhesión se usa para referirse al hecho de unir o pegar dos cosas mediante algún elemento adhesivo, por lo que no se aleja de la definición aplicada en odontología.

La Sociedad Americana de Materiales se refiere a ella de dos formas: como fenómeno y como material. “La adhesión como fenómeno es el estado en que dos superficies se mantienen unidas por fuerzas interfaciales; y como material, corresponde a una sustancia capaz de mantener materiales juntos mediante la unión superficial” (4).

De esta manera, es posible definirla como el fenómeno por el cual dos superficies mantienen una unión firme y prolongada en el tiempo, que en términos odontológicos forma parte del proceso de tratamiento de restauración. A su vez, la adhesión dental puede ser mecánica, física o química. En odontología, la de tipo mecánica es la más común, ya que se adhiere el material restaurador con la dentina y el esmalte, con una menor dosis de adhesión física (17), infiltrándose y solidificándose posteriormente en las irregularidades de una superficie.

Por lo tanto, la adhesión es un fenómeno de interacción entre superficies diferentes a nivel de una misma interfase, siendo la película o el material que se agrega el que va a producir dicha unión. Es así como a nivel dental, la adhesión corresponde a cualquier tipo de unión que se da entre el diente y un biomaterial, siendo este último denominado “adhesivo”.

2.2.2.- Adhesión en Odontología

El tratamiento restaurador de los dientes, en la actualidad se lleva a cabo gracias a la interacción entre el material restaurador y la estructura dentaria mediante el uso de un sistema adhesivo, lo que permite que tanto mecánica, biológica y funcionalmente el diente y su material restaurador funcionen como una unidad (4).

La adhesión en Odontología está basada en la unión de tres sustratos diferentes: el diente, el material adhesivo y el material de restauración (18). Para que se produzca adhesión eficaz al diente, fue necesario un conocimiento exhaustivo de la estructura del esmalte y dentina, los cuales varían entre ellos en su composición. La dentina presenta un comportamiento diferente al del esmalte, siendo la primera mucho más hidrófila y compuesta por un 70% de hidroxiapatita, un 18% de colágeno y un 12% de agua, frente al esmalte menos hidrófilo, y constituido por un 95% de material inorgánico, un 4% de agua y un 1% de material orgánico (19).

Michael Buonocore en el año 1954, introdujo un nuevo concepto al tratar el esmalte para alterar químicamente sus características superficiales y permitir la unión de los materiales restauradores a la superficie dentaria (20). Esto se consiguió a través del grabado ácido, procedimiento que se basa en la desmineralización selectiva y controlada del componente mineral de esmalte y dentina, formando irregularidades en su superficie, en las cuales el material adhesivo se infiltrará formando una capa de resistencia tanto química como micromecánica (20). Para esto, son usados diversos agentes ácidos, donde el más común es el ácido ortofosfórico, que suele consistir en un gel coloreado (21).

2.2.3.- Composición de sistemas adhesivos

Todos los materiales de resina en odontología están formados básicamente por dos componentes principales: monómeros (matriz) y el relleno (fase dispersa).

Los monómeros forman la matriz fluida de baja viscosidad y son capaces de unirse entre sí a través de una reacción química denominada reacción de polimerización y que lleva a la formación de polímeros. En los materiales de resina odontológicos la reacción de polimerización se desencadena prácticamente siempre mediante luz azul y tiene como resultado el endurecimiento del material de resina. Las excepciones son los materiales de resina denominados autopolimerizables o de endurecimiento “químico”, los cuales se endurecen sin necesidad de luz azul (21) que es entregada por la mayoría de las lámparas de fotopolimerización cuya longitud de onda se encuentra entre 400 y 700 nm (22).

Los rellenos tienen distintos diámetros y conforman la denominada fase dispersa. Los rellenos constan de partículas de vidrio, cerámica o cuarzo que están incrustados en la matriz de forma distribuida. Los rellenos influyen decisivamente en las propiedades físicas y mecánicas, como por ejemplo la resistencia al desgaste, a la tracción y a la presión, así como también en la fluidez de los materiales.

El incremento de la cantidad de relleno de un adhesivo aumenta su viscosidad y disminuye su escurrimiento. Si el aumento de relleno le impidiese adaptarse adecuadamente a la superficie de la dentina acondicionada y asimismo penetrar en las fibras colágenas expuestas no se formaría la capa híbrida y se perdería la adhesión y sellado marginal. Por otro lado, si el relleno no le impidiese penetrar al adhesivo entonces teóricamente la adhesión debería mejorar puesto que el relleno contribuiría a reducir la contracción de polimerización y a reforzar la capa híbrida (8).

Otros componentes de los materiales de resina odontológicos son por ejemplo pigmentos con diversos colores dentales, estabilizadores y catalizadores de la reacción de polimerización. En virtud de su composición, los materiales de resina poseen la propiedad química de ser hidrófobos, es decir, no se adhieren a superficies húmedas o que contienen agua (21).

2.2.4.- Clasificación de los sistemas adhesivos

Según la forma de tratar la superficie adhesiva, se clasifican en los que requieren de acondicionamiento ácido previo y los autoacondicionantes.

Para el primer grupo, es indispensable la utilización de ácido acondicionador por 15 segundos sobre la superficie dentaria. El segundo grupo lo constituyen los sistemas adhesivos que no requieren grabado previo, empleándose en primera instancia un primer y posteriormente un agente adhesivo (23).

Posteriormente, surgieron los sistemas que se les aplica en una sola etapa, a su vez, entre ellos se distinguen dos subgrupos: los que requieren mezclar dos compuestos inmediatamente antes de aplicarlos y llevarlos al diente; y de otro lado, aquellos que si bien se aplican también en un solo paso, difieren de los anteriormente nombrados en que su presentación comprende un solo frasco, cuyo contenido incorpora la totalidad de sus componentes previamente “mezclados” (primer ácido y agente adhesivo), anulando obviamente toda necesidad de mezcla (23).

Se ha demostrado la eficacia de los sistemas de grabado total a través de evaluaciones “in vitro” y de forma clínica, pero los resultados generales no son suficientemente predecibles por lo que es necesario más estudios para confirmar sus resultados a largo plazo (24).

2.2.5.- Factores que influyen en la adhesión

Entre las diferentes causas que producen alteraciones o fracasos tenemos que el incumplimiento de los protocolos de adhesión, el desconocimiento del comportamiento de los diferentes sustratos dentarios sobre se trabaja, la elección los materiales restauradores y el incumplimiento de las indicaciones de los fabricantes. Todos ellos producen resultados negativos, los que se pueden traducir en desprendimiento o fracturas de las restauraciones y sensibilidad post operatoria (25).

Durante los procedimientos, se hace necesario identificar aquellos aspectos que podrían influir en un futuro fracaso de la adhesión, con el objetivo principal de evitar que la rehabilitación se arruine al corto, mediano o largo plazo.

Los principales factores involucrados en fracasos en la adhesión son:

-Presencia de agua: Adhesivos cuyo solvente es la acetona son menos efectivos en substrato seco, que aquellos a base de agua. La presencia de agua y solvente remanente reduce las propiedades mecánicas del polímero formado. El exceso de agua también tiene efecto negativo pues actúa como barrera física. Otro factor a ser considerado es que la presencia de agua, afecta la polimerización de los monómeros, reduciendo su grado de conversión en polímeros (25).

-Contacto íntimo: Lo mejor que se adapta a un sólido es un líquido, por lo tanto el biomaterial restaurador o su medio adhesivo debieran ser líquidos o semilíquidos. Si no hay íntimo contacto, las reacciones químicas y las trabas micromecánicas no se producirán (27).

-Aire: La aplicación de aire comprimido facilita la evaporación de agua y solventes, sin embargo, hay que tener cuidado durante la realización de este paso, pues el uso del aire comprimido para evaporar el solvente y el agua residual requiere cautela y cierta distancia a fin de evitar la reducción excesiva

de la espesura del adhesivo. La aplicación de aire comprimido muy próximo tiende a incorporar oxígeno dentro de la capa de adhesivo, que es un inhibidor de la polimerización (25).

-Incompatibilidad entre sistemas adhesivos: En la mayoría de los procedimientos es necesario combinar el uso de agentes adhesivos y cementantes, por lo que es importante conocer la compatibilidad entre ellos. Resinas y cementos resinosos químicamente activados o de doble activación que utilizan aminas terciarias como agentes de iniciación de la polimerización son incompatibles con los sistemas adhesivos convencionales (dos pasos) y sistemas adhesivos autocondicionantes (paso único). Estas soluciones son ácidas y al entrar en contacto con una resina o cemento resinoso de polimerización química consume la amina terciaria e impide que ellas inicien el proceso de polimerización (25).

-Instrucciones del fabricante: En el caso de la adhesión dental, las estructuras dispuestas para la realización de la misma, es decir el esmalte y la dentina deben estar acondicionadas de manera correcta, no deben haber residuos u obstáculos que dificulten la adhesión dental. Es decir, el sistema adhesivo debe emplearse bajo un protocolo riguroso realizado por el profesional. Debido a esto, existen normas que de ser seguidas entregan mayor probabilidad de éxito en los tratamientos que incluyan un sistema de adhesión dental, evitando de esta manera cualquier tipo de fracaso, obteniendo mejores resultados y asegurando la satisfacción de un trabajo bien realizado, alcanzando la total aprobación y fidelidad del paciente (4).

2.2.6.- Adhesivos Fotoactivados

El uso de los materiales dentales activados por luz ha aumentado considerablemente en los últimos años, sobretodo como una respuesta a una mayor demanda de materiales estéticos (22).

Los materiales que son fotoactivados poseen una singular ventaja sobre los materiales autopolimerizables, porque otorgan suficiente tiempo de trabajo para manipular el material restaurador. Esto ha resultado en el desarrollo de una gran variedad de materiales fotopolimerizables, que han afectado y cambiado todas las fases de la odontología restauradora.

A diferencia de los materiales con una reacción química con autopolimerización, los materiales fotopolimerizables dependen de la energía suficiente de la luz y que ésta llegue a todas las áreas de la restauración para iniciar así, la conversión del monómero a polímero.

La cantidad de luz como agente iniciador de la conversión puede variar por muchos factores, tales como: la fuente de luz, la composición del producto, sus partículas de relleno, su coloración y el tiempo de exposición, entre otros.

Una de las principales razones de fracasos en las restauraciones es la falta de una adecuada polimerización de las resinas fotopolimerizables (22). Las consecuencias de los fallos a este nivel van a ser la microfiltración y por tanto, la aparición de caries recurrente y el fracaso final de la restauración (4).

2.2.7.- Fotoiniciadores

Existe un gran número de agentes fotosensibles. El más común de estos agentes utilizados en materiales dentales, es la canforoquinona (CQ) con un rango de fotoactivación que va de 400 a 450 nm. Últimamente algunos fabricantes de materiales dentales a base de resina, han utilizado otro tipo de fotoiniciadores, como por ejemplo, 1-fenil-1,2-propandiona (PPD), que presenta un rango menor en su fotoactivación, de generalmente 410 nm.

El interés de los fabricantes en buscar otro tipo de fotoiniciador para sustituir a la canforoquinona, se da principalmente en los casos que requieren de mucha estética, debido a que puede dejar un tono amarillo, aún después de haber reaccionado completamente. Además, se ha descubierto que la canforoquinona presenta altos niveles de citotoxicidad y que además, actúa como agente mutagénico (28).

Existen ciertos factores que son críticos para poder obtener una adecuada profundidad de curado en los materiales a base de resina, siendo los siguientes los de especial consideración: concentración del iniciador, capacidad de absorción de luz para su excitación a cierta longitud de onda y la intensidad de la luz a la longitud de onda de absorción del iniciador (22).

2.2.8.- Fotopolimerización

Se entiende como polimerización a la conversión de oligómeros y monómeros a una matriz de polímeros que puede ser iniciada por diferentes medios para formar radicales libres que la inician. Es decir, el número de las unidades monoméricas en una molécula de polímero (26).

En los sistemas activados por luz, una fuente de entre 420 a 470 nm, excita al fotoiniciador, comúnmente canforoquinona, que está presente en un 0.03% a 0.1%, a un estado triple que interactúa con una amina terciaria no aromática (alifática) como la N,N-dimethylaminoethyl methacrylate (presente en un 0.1% o menos). Cuando la canforoquinona es excitada, ésta reacciona con la amina terciaria y empieza la formación de radicales libres que inician la polimerización (22).

Es de suma importancia obtener una adecuada conversión del monómero, ya que esto presenta una gran influencia en la mayoría de las propiedades físicas del material.

La importancia de la luz para que exista una adecuada fotoactivación, requiere de una intensidad que puede ser variable y de la cual, su acción dependerá del tiempo de exposición para poder hacer que los fotones lleguen a todas las zonas del material de resina, buscando principalmente, que esta luz aporte suficientes fotones en una longitud de onda adecuada para generar una reacción química que provea a la resina de una buena polimerización. En la mayoría de los materiales fotopolimerizables, esto ocurre cuando los radicales libres reaccionen con las moléculas insaturadas (26).

2.3.- GRADO DE CONVERSIÓN

El grado de conversión es una medida del porcentaje de dobles enlaces entre los carbonos que se convierten en enlaces simples debido al procedimiento de polimerización. Los niveles de conversión alcanzados durante la polimerización influyen directamente en las propiedades físicas, mecánicas y biológicas del material (29).

El grado de conversión está determinado por la energía de polimerización, producto del tiempo de exposición y la potencia lumínica (26). A mayor cantidad de moléculas activadas, mayor será el grado de conversión y mejores las propiedades físicas del polímero (30). En 1997, Ferracane y col. determinaron que era necesario un grado de conversión superior al 55% (31).

En el caso de las resinas autopolimerizables, se observa que continúan reaccionando, aunque de manera lenta, hasta pasadas 24 horas, lo que supone un aumento paulatino y significativo del grado de conversión (31).

En cuanto al tiempo de polimerización se establece que a menor tiempo, menos grado de conversión. Sin embargo, es equivalente aumentar la intensidad de la fuente luminosa si se disminuye el tiempo de exposición en la misma proporción (31).

Por otro lado, si se aumenta la distancia se disminuye el grado de conversión, ya que el número de fotones por unidad de superficie se ve reducido (31).

Algunas consecuencias de una conversión insuficiente son: cambio en la coloración, mayor riesgo de microfiltración, peores propiedades mecánicas, disminución de la resistencia al desgaste y aumento en la citotoxicidad (31).

3.- MARCO EMPÍRICO

Actualmente, no existen antecedentes que den cuenta de la evaluación del grado de conversión de materiales adhesivos al ser aplicados dentro de un conducto radicular, pero cada vez es más frecuente el uso de materiales resinosos en procedimientos intraconducto, por lo que se precisa contar con evidencia científica que respalde la práctica clínica y asegure el mayor rendimiento de la técnica adhesiva (32).

En el año 2004, Ancona y Ramirez (26), realizaron un estudio denominado “Efecto de la energía de polimerización sobre el grado de conversión en resinas compuestas de uso dental envejecidas por UV”, de tipo cuantitativo cuasi experimental, cuyo objetivo fue determinar el comportamiento de los valores del grado de conversión en probetas de resina compuesta de uso dental relacionándolo con la energía de polimerización y el tiempo sometido a envejecimiento acelerado por exposición a radiación UV.

Técnica: Dos composites híbridos: Filtek Z250 y Tetric Ceram; y dos con nanorelleno: Filtek Supreme y Tetric EvoCeram, fueron seleccionados como materiales de estudio y de manera aleatoria se formaron 4 subgrupos de 5 probetas que fueron colocadas en un equipo de envejecimiento acelerado.

Resultados: En el subgrupo sin tiempo de envejecimiento, se observa que la energía de polimerización es un factor determinante en el grado de conversión, dado que existe una relación directa entre ambos parámetros; es decir, a mayor energía de polimerización, el grado de conversión aumenta. Una explicación de este hecho es que a mayor energía de polimerización, más son los radicales libres que se generan, produciendo que un número mayor de grupos metacrilato reaccionen. La cinética de la reacción de polimerización continúa, aún después de haber terminado la activación con luz visible y

después de 500 horas de envejecimiento por radiación UV, la energía de polimerización deja de ser un factor predisponente en los valores del grado de conversión.

En el estudio precedente se evidencia la importancia de la energía de fotopolimerización en relación al grado de conversión del polímero, por lo que el presente estudio rigió por la intensidad recomendada por el fabricante.

En el año 2005, Zamorano (9) realizó un estudio denominado: "Microestructura de la zona de adhesión en conductos tratados endodónticamente", de tipo cuantitativo cuasi experimental, cuyo objetivo fue describir la micromorfología de la capa híbrida y tags de resina al usar sistemas adhesivos de fotocurado, autograbado y de curado dual, en conductos tratados endodónticamente y preparados para espiga.

Técnica: Se usaron 30 piezas dentarias, separadas en tres grupos, a las que se aplicó los siguientes sistemas adhesivos según las indicaciones del fabricante: Single Bond (3M-Espe), Prime & Bond NT+ Self Cure Activator (Dentply) y Prompt L-Pop (3M-Espe). En todos los casos, los conductos se obturaron posteriormente con resina de cementación RelyX ARC (3M-Espe), se cortaron longitudinalmente y se prepararon para observar la interfase adhesiva mediante microscopía electrónica de barrido (MEB).

Resultados: La capa híbrida y los tags de resina obtenidos en conductos tratados endodónticamente y preparados para espiga, con los tres sistemas adhesivos dentinarios utilizados, son de calidad y cantidad deficiente, particularmente en los tercios medio y apical del conducto radicular, expresándose principalmente como brechas entre el tejido dentinario y la resina de cementación, o como franca ausencia de capa híbrida y tags.

En el estudio precedente se evidencia que la calidad de la zona de adhesión intraconducto en la zona media y apical, se ve disminuida considerablemente, por lo que en presente estudio se enfocó en tales porciones del conducto radicular y se comparó con los resultados antes mencionados.

En el año 2009, Melo y Lacerda (10), realizaron un estudio denominado: “Evaluación de citotoxicidad y conversión del monómero de cuatro adhesivos ortodónticos”, de tipo cuantitativo cuasi experimental, cuyo objetivo fue evaluar la citotoxicidad y el grado de conversión del monómero de adhesivos ortodónticos.

Técnica: Se evaluaron tres adhesivos: Transbond XT (3M Unitek, Monrovia, EE.UU.), Fill Magic Ortodóntico (Vigodent, Río de Janeiro, Brasil) y Orthobond (Morelli, Sorocaba, Brasil), en cuanto a la citotoxicidad en células fibroblastocitos L929 y al grado conversión del monómero. Tres grupos de control también participaron de control positivo (C+) conformado por detergente celular Tween 80, un control negativo (C-) PBS, y el control celular (CC) donde células no fueron expuestas a ningún tipo de material. Para evaluar la citotoxicidad se utilizó la técnica “dye-uptake”, que consiste en la incorporación de tinte rojo neutro por células viables y para evaluar el grado de conversión, la espectroscopia infrarroja.

Resultados: Se mostró citotoxicidad de todos los adhesivos evaluados. Los valores de viabilidad celular producidos por estos materiales fueron estadísticamente diferentes en grupos de CC y C-. En lo que respecta al grado de conversión, hubo diferencias estadísticas entre los materiales evaluados. Se puede concluir que todos los adhesivos son citotóxicos en el período de evaluación y que la citotoxicidad se relaciona directamente con el grado de conversión de adhesivo evaluado.

Por lo anterior, en el presente estudio se pretendió alcanzar niveles elevados de conversión con el objetivo de disminuir el factor citotóxico de los sistemas adhesivos.

En el año 2010, Maya y Vallejo (28), realizaron un estudio denominado: “Citotoxicidad de los adhesivos dentinarios”, de tipo analítico observacional, cuyo objetivo fue dar a conocer al medio odontológico, los últimos avances en el tema de citotoxicidad de adhesivos dentinarios.

Técnica: Se seleccionaron dos grandes temas: adhesivos dentinarios y biocompatibilidad, para posteriormente hacer énfasis en los últimos trabajos publicados sobre citotoxicidad de adhesivos. La información se obtuvo principalmente de bases de datos como: Sciencedirect, Wiley Interscience, Springerlink y de fuentes indexadas tanto de carácter nacional como internacional.

Resultados: Existe disparidad de criterios e incongruencia entre las distintas investigaciones. El grosor de dentina remanente, es un factor crítico que condiciona el grado de respuesta pulpar ante los sistemas adhesivos. Los agentes adhesivos pueden ocasionar respuestas celulares de diferente magnitud. El grado de citotoxicidad de las sustancias adhesivas varía de baja a severa toxicidad, dependiendo de variables como: el grado de sensibilidad de la línea celular, la composición química del adhesivo, el protocolo experimental empleado, el grado de polimerización y el uso de barreras entre la célula y el material. Algunos de los posibles efectos citotóxicos pueden ser atribuidos a una manipulación inadecuada del material. Aún no existe un adhesivo ideal que cumpla con propiedades físicas, mecánicas, estéticas y biológicas.

En la investigación que precede, se pone en manifiesto la importancia de llevar a cabo de forma rigurosa los protocolos indicados por el fabricante con el objetivo de disminuir la probabilidad de efectos adversos de los materiales.

De acuerdo a lo anteriormente expuesto, en la presente investigación se decidió implementar la técnica de espectrofotometría infrarroja con transformada de Fourier (FT-IR), al ser considerada una de las técnicas más indicadas para la evaluación del grado de conversión polimérica, la cual se enfocó en el análisis de la composición de un sistema adhesivo resinoso en particular. Esto se llevó a cabo a través de la confección de unidades muestrales según el estándar de la Norma Internacional de Materiales de Relleno ISO 4049 (33).

En base a los estudios precedentes, se buscó obtener resultados que aporten a la investigación cuantitativa de variaciones en la técnica adhesiva intraconducto y que los resultados puedan ser implementados en la práctica clínica de rehabilitación odontológica actual.

4.- FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es el grado de conversión del adhesivo Ambar en su aplicación intraconducto según el protocolo indicado por el fabricante?

¿Existen diferencias en el grado de conversión del adhesivo Ambar en distintas porciones del conducto radicular?

5.- OBJETIVOS DEL ESTUDIO

5.1.- Objetivo general

Determinar el grado de conversión del adhesivo Ambar en su aplicación intraconducto, según el protocolo indicado por el fabricante.

5.2.- Objetivos específicos

1. Cuantificar el grado de conversión del adhesivo Ambar a nivel cervical del conducto usando el protocolo indicado por el fabricante.
2. Cuantificar el grado de conversión del adhesivo Ambar a nivel medio del conducto usando el protocolo indicado por el fabricante.
3. Cuantificar el grado de conversión del adhesivo Ambar a nivel apical del conducto usando el protocolo indicado por el fabricante.

6.- HIPÓTESIS DE TRABAJO

El grado de conversión varía de forma negativa en los niveles más profundos del conducto radicular.

7.- VARIABLES DEL ESTUDIO

1. Variable dependiente: Grado de conversión.
2. Variable independiente: Porción del conducto radicular.

Esquema de operacionalización de variable dependiente: **Grado de conversión.**

Definición conceptual de la variable	Dimensiones	Definición operacional	Indicador	Instrumento
Cantidad de dobles enlaces entre los carbonos que se convierten en enlaces simples debido al proceso de polimerización (29).	Absorción del espectro infrarrojo.	Corresponde a evaluación del espectro infrarrojo que traspasa un material polimerizado y que se relaciona directamente con los grupos de metacrilatos que no reaccionaron del material.	Porcentaje de conversión del polímero formado.	Máquina espectrofotómetro con transformador de Fourier (FT-IR). Gráfico de absorbancia. Planilla de recolección de datos.

Esquema de operacionalización de variable independiente: **Porciones del conducto radicular.**

Definición conceptual de la variable	Dimensiones	Definición operacional	Indicador	Instrumento
Distancia desde la muestra hasta la base de la lámpara de fotocurado, simulando la región del conducto radicular en el cual se realizan las mediciones. (según tercios).	Zona Superior o Cervical	Primer tercio del conducto, comprendido entre el límite superior hasta 5mm hacia apical. (Un tercio).	Medición del segmento cervical del conducto acorde a los límites. (mm)	Sonda periodontal. Pie de metro. Regla metálica.
	Zona Media	Segundo tercio del conducto, comprendido entre el límite inferior del tercio cervical hasta 5mm hacia apical. (Dos tercios).	Medición del segmento medio del conducto acorde a los límites. (mm)	Sonda periodontal. Pie de metro. Regla metálica.
	Zona Inferior o Apical	Tercer tercio del conducto, comprendido entre el límite inferior del tercio medio hasta 5mm hacia apical (Tres tercios).	Medición del segmento apical del conducto acorde a los límites. (mm)	Sonda periodontal. Pie de metro. Regla metálica.

8.- METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

8.1.- Tipo de Estudio

Estudio de abordaje cuantitativo, cuyo diseño es experimental, con tres grupos en tratamiento in vitro, constituido por 30 muestras confeccionadas según los criterios de inclusión y exclusión y separadas en tres grupos de 10 muestras cada uno, según la porción radicular a la que simulan pertenecer, obteniendo

-Grupo 1: 10 muestras de adhesivo obtenido de la porción superior o “cervical”.

-Grupo 2: 10 muestras de adhesivo obtenido de la porción media.

-Grupo 3: 10 muestras de adhesivo obtenido de la porción inferior o “apical”.

8.2.- Población de Estudio

8.2.1- Unidad de Análisis

Pastilla obtenida a partir de la compactación de muestras de adhesivo y bromuro de potasio, sometida al análisis bajo FT-IR.

8.2.2- Muestra

Para la evaluación del grado de conversión de monómero a polímero, se confeccionó tres grupos de pastillas prensadas con sales de bromuro de potasio y muestras de adhesivo, que cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión.

Para determinar la muestra se consideraron los siguientes criterios:

a) Criterios de Inclusión:

- Película de adhesivo extraído de cilindros de goma antiadherente de 5 mm de largo y 2 mm de diámetro.
- Pastillas de análisis que fueron adecuadamente compactadas con bromuro de potasio.
- Muestras que fueron fotopolimerizadas según las indicaciones del fabricante.

b) Criterios de Exclusión

- Película de adhesivo extraído de cilindros de goma antiadherente que no midieron 5 mm de largo y 2 mm de diámetro.
- Pastillas de análisis que no fueron adecuadamente compactadas con bromuro de potasio.
- Muestras que no fueron fotopolimerizadas según las indicaciones del fabricante.

c) Elección de la Muestra (Diseño y tamaño): La determinación del tamaño muestral se realizó considerando las condiciones de confección, conservación, mantenimiento y análisis de las muestras con un tamaño igual a 18, seleccionadas bajo los criterios de inclusión y exclusión y agrupadas en

tres grupos de acuerdo a la ubicación del conducto radicular ya sea superior, medio o inferior.

8.3.- Recolección de datos

8.3.1.- Procedimiento de recolección de datos:

I. Confección

Con el propósito de simular las características de un conducto radicular estándar se utilizaron cilindros de goma antiadherente de 15 mm de largo y 2 mm de diámetro, que fueron obtenidos a partir de mangueras usadas como bajadas de suero y que fueron cortadas según la longitud requerida. Debido a que los cilindros son de un material transparente que permite el paso de la luz, fueron aislados con pintura negra en la totalidad en su superficie externa, simulando de esta manera que la entrada de luz fotoactivadora en un conducto fuese solamente por su porción superior y no a través de sus paredes laterales. Como soporte se empleó un dispositivo de silicona de forma también cilíndrica y que contuvo las mangueras en su interior, otorgando el espacio suficiente para introducir las y retirarlas fácilmente. A su vez, este dispositivo cumplió la función de controlar la distancia a la cual se expuso el haz de luz, sirviendo como base sobre la cual se apoyó la lámpara fotopolimerizadora.

Cada una de las mangueras representó un conducto radicular al cual se le aplicó el adhesivo Ambar de acuerdo a las instrucciones del fabricante. Con auxilio de un microaplicador desechable, se aplicaron dos capas de producto friccionando vigorosamente en las paredes del conducto durante 10 segundos (Imagen 4). Luego, se evaporó el solvente con un leve chorro de aire durante 10 segundos y se fotopolimerizó con ayuda del dispositivo de silicona como soporte (Imagen 5) durante 20 segundos con una lámpara

Coltolux® led inalámbrico (Imagen 6). Se recomienda que la densidad de potencia sea superior a 400 mW/cm² (Imagen 7), lo cual fue corroborado por medición con radiómetro (Imagen 8). Posteriormente, se seccionaron transversalmente las tres porciones del conducto en tercios iguales y se agruparon según la porción a la que simularon pertenecer, ya sea, superior, medio o inferior (Imagen 9). El contenido de cada porción se extrajo cortando la manguera de forma longitudinal (Imagen 10) y se retiró la película de adhesivo formada en las paredes con ayuda de una cuchareta de caries pequeña (Imagen 11). Las muestras fueron recolectadas en contenedores plásticos de forma separada (Imagen 12) y adecuadamente rotuladas. Se mantuvieron en una caja metálica que impidió su exposición a la luz hasta el momento de su análisis bajo FT-IR.



Imagen 4: Tubos de goma

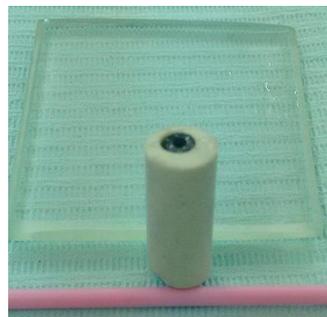


Imagen 5: Dispositivo de silicona



Imagen 6: Posición de la luz

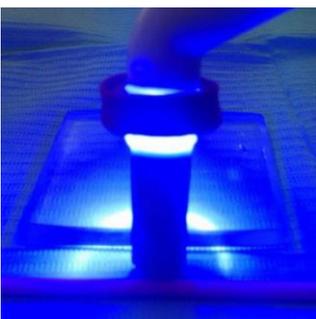


Imagen 7: Fotopolimerización



Imagen 8: Radiómetro

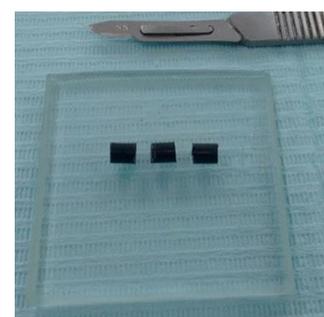


Imagen 9: Sección transversal

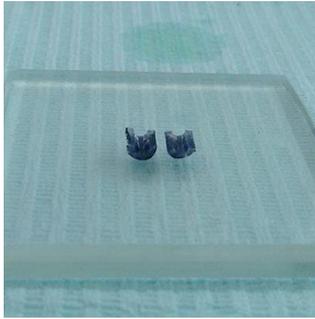


Imagen 10: Sección longitudinal



Imagen 11: Retiro de muestra



Imagen 12: Recolección

II. Compactación

Cada muestra de adhesivo fue triturada hasta la obtención de un polvo, que posteriormente se mezcló con bromuro de potasio, a una proporción de 1/20 (Imagen 13). El polvo resultante fue puesto en una prensa con carga (Imagen 14), para la obtención de una pastilla.



Imagen 13: Pastilla de análisis



Imagen 14: Prensa con carga

III. Medición

Se utilizó un espectrofotómetro Marca Nicolet, Modelo Nexus (Imagen 15), que realizó mediciones de los espectros de infrarrojo utilizando el método por transformaciones de Fourier para determinación porcentual del grado de conversión de los monómeros en polímero, con un IR rango medio entre 4000 y 400 cm^{-1} y IR en rango lejano entre 600 y 50 cm^{-1} ; rango medio se trabajó con N° scan 64 barridos y resolución 4, detector: DTGS KBr (sulfato de triglicina deuterada y KBr).



Imagen 15: Espectrofotómetro Infrarrojo

El doble enlace carbono-carbono alifáticos (alifáticos $\text{C}=\text{C}$) posee la característica de absorción del infrarrojo de 1635 a 1640 cm^{-1} , mientras que el carbono-oxígeno doble enlace ($\text{C}=\text{O}$) tiene un valor de absorción de 1730 a 1740 cm^{-1} (Anexo 1).

El grado de conversión se obtuvo de la relación entre la altura de las bandas que emitieron los espectros de los dobles enlaces alifáticos y carbonilos del material una vez polimerizado (polímero), y un estándar interno que correspondió a la señal emitida del material sin polimerizar (monómero), utilizando la siguiente ecuación (10):

$$GC = 1 - \frac{A(C=C) / A(C-O) \text{ polímero}}{A(C=C) / A(C-C) \text{ monómero}} \times 100$$

Materiales

Para la realización de este trabajo experimental se utilizarán los siguientes materiales (Imagen 16):

- Adhesivo FGM® Ambar
- Microaplicadores desechables
- Mangueras de goma antiadherente
- Loleta de vidrio
- Pinza anatómica
- Cuchareta de caries
- Sonda periodontal
- Pie de metro
- Regla metálica
- Rotulador
- Envases plásticos
- Bisturí
- Lámpara Coltolux® Led
- Radiómetro SDI® Led
- Espectrofotómetro FT-IR Marca Nicolet®, Modelo Nexus

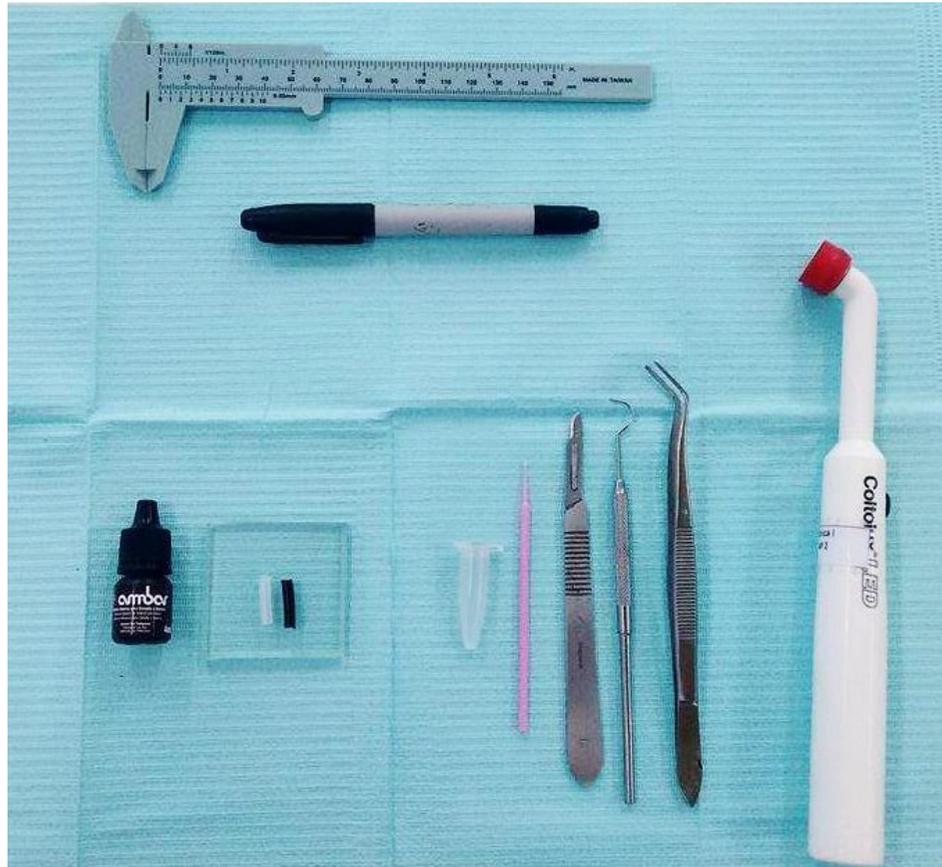


Imagen 16: Materiales

Prueba piloto

Dado que la investigación es de tipo experimental la prueba piloto consistió en una calibración de las mediciones de los cilindros, mediante un juicio de experto (concordancia interobservadores) con valores de correlación entre ambas mediciones mayores o iguales a 0.80.

8.3.2.- Descripción y aplicación de los instrumentos recolectores de datos

Para la recolección y tabulación de los datos correspondientes al grado de conversión del adhesivo Ambar se utilizó una planilla en la que se registraron los datos calculados a partir de las bandas de infrarrojo entregados por el FT- IR, para posteriormente ser procesados en software estadístico SPSS v.24. (Anexo 2).

8.4.- Procesamiento y Análisis de los datos

Para el análisis de los datos, se utilizó el software estadístico SPSS v.24 y técnicas de análisis descriptivo e inferencial, previa evaluación de la normalidad, mediante el test de Kolmogorov-Smirnov, que arrojó un valor de $p > 0,05$, lo cual indicó que los datos se distribuyeron de manera normal. Posteriormente, para el análisis descriptivo se utilizaron medidas de tendencia central y para el análisis inferencial se utilizaron métodos de tipo paramétricos.

Con la finalidad de evaluar diferencias entre los grupos se realizaron pruebas paramétricas: test de Anova y test de comparaciones múltiples.

9.- CONSIDERACIONES ÉTICAS

Se realizó en base a los criterios establecidos para desarrollar investigaciones según el modelo de Nebraska, que tienen su sustento teórico en el trabajo desarrollado por Ezekiel Emanuel (1999).

Valor: Esta investigación proporcionó información valiosa, ya que los resultados obtenidos en cuanto a grado de conversión de adhesivos de uso odontológico pudieron generar el puntapié inicial para nuevas investigaciones de la técnica intraconducto, la cual podría mejorarse de acuerdo a las condiciones anatómicas de los conductos radiculares, y así lograr una estandarización de la técnica.

Validez científica: Se utilizaron procedimientos e instrumentos confiables y apegados a un estricto protocolo de control. Los resultados tendrán aplicación práctica en un futuro si se llegara a continuar la investigación hasta validar la técnica propuesta. Tendrán aplicación teórica y práctica ya que se cuantificó y comparó el grado de conversión en circunstancias experimentales desfavorables como lo constituye un conducto radicular y se logró extrapolar los resultados obtenidos a la práctica clínica.

Proporción favorable de riesgo-beneficio: Este estudio no contempló la generación de daño o perjuicio alguno. Se realizó un estudio experimental In Vitro. Para este estudio no se experimentó con humanos, si no que se confeccionaron muestras sintéticas estandarizadas.

10.- PRESENTACION DE LOS RESULTADOS

El capítulo a continuación expone los principales resultados de la investigación.

10.1.-Grado de conversión según porciones del conducto radicular

Tabla 1: Grado de conversión según porciones del conducto radicular

Estadísticos	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
N	6	6	6
Media	61,33	52	39,5
Mediana	62	52	39
Moda	63	51	39
Desviación Estándar	2,94	2,68	16,7
Rango	8	8	44
Mínimo	57	48	19
Máximo	65	56	63

Fuente: "Grado de conversión del adhesivo Ambar sobre distintas porciones del conducto radicular. Estudio in vitro". Valentina Chamorro Vásquez, Universidad Andrés Bello, Concepción, Chile, 2016.

La tabla 1 muestra los diferentes grados de conversión en las porciones del conducto radicular, destacando:

El grupo 1, que representa el tercio superior, mostró una conversión de 61,3%, con una desviación estándar de 2,9%. El mínimo observado fue 57% y el máximo observado fue de 65%.

El grupo 2, que representa el tercio medio, mostró una conversión de 52%, con una desviación estándar de 2,6%. El mínimo observado fue 48% y el máximo fue de 56%.

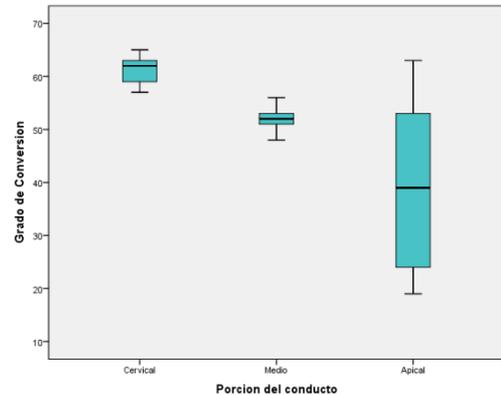
El grupo 3, que representa el tercio inferior, mostró una conversión de 39,5%, con una desviación estándar de 16,7%. El mínimo observado fue 19% y el máximo observado fue de 63%.

10.2.- Comparación de los grados de conversión

Tabla 2: Comparación de los grados de conversión según porciones del conducto radicular

Porción	N	Desv.		Mínimo	Máximo
		Media	Estándar		
Cervical	6	61,33	2,9	58,24	64,42
Medio	6	52	2,6	49,18	54,82
Apical	6	39,5	16,7	21,97	57,03
f=7,323					p=0,006

Grafico 1: Grado de conversión según porciones del conducto radicular



Fuente: "Grado de conversión del adhesivo Ambar sobre distintas porciones del conducto radicular. Estudio in vitro". Valentina Chamorro Vásquez, Universidad Andrés Bello, Concepcion, Chile, 2016

Con la finalidad de determinar si existen diferencias entre los grados de conversión de las diferentes porciones del conducto radicular, se realizó un test de Anova (Tabla 2), cuyas características determinaron diferencias significativas en el grado de conversión entre grupos 1 y 3, que corresponden a las porciones cervical y apical respectivamente. ($F= 7,323$; $p<0,05$).

El test de comparaciones múltiples mostró dos subconjuntos homogéneos, el primero formado por la porción cervical y el segundo por el apical y medio, con diferencias estadísticamente significativas.

La mayor diferencia de los grados de conversión entre las diferentes porciones se observó entre la porción cervical y apical, mientras que la porción media no presenta variaciones significativas.

11.- DISCUSIÓN

El análisis de muestras de adhesivo Ambar confeccionadas de acuerdo a las instrucciones del fabricante para su aplicación intraconducto, mostró diferencias estadísticamente significativas en el grado de conversión según la porción a analizar.

Debido al complejo mecanismo de polimerización de los materiales resinosos, es posible encontrar compuestos con un grado de conversión entre 45% y 85%. Sin embargo, se sugiere que el valor mínimo considerado para una adecuada polimerización sea de un 55% (34).

De acuerdo a lo anteriormente mencionado, para sistemas adhesivos fotoactivados se evidenció que en aquellos niveles más profundos del conducto radicular se encuentra un menor grado de conversión del polímero resultante, alcanzando niveles muy por debajo de la norma en los tercios medio (52%) e inferior (39,5%), porciones que coinciden con las zonas más críticas en la adhesión (9).

El principal inconveniente en el uso de sistemas fotoactivados dentro del conducto radicular es que estos dependen de la energía suficiente en la luz y que ésta llegue a todas las áreas que participan en la adhesión para iniciar así, la conversión de monómero a polímero, proceso que se ve dificultado por la profundidad y anatomía propia del sistema de conducto dentario, situación que se contrasta con aquellos materiales que presentan una reacción química con autopolimerización.

La cantidad de luz como agente iniciador de la conversión puede variar por muchos factores, tales como: la fuente de luz, la composición del producto, sus partículas de relleno, su coloración y el tiempo de exposición. Debido a todas estas dificultades, se sugiere utilizar sistemas de cementación (agente adhesivo y cemento resinoso) autocurables o cuando menos, sistemas de

cementación adhesiva de tipo dual, los cuales aseguran una adecuada polimerización en las zonas profundas del conducto donde sería difícil la llegada de la luz fotoactivadora.

No obstante, es importante considerar la incompatibilidad entre los sistemas de cementación, debido a que los materiales resinosos químicamente activados o de doble activación que utilizan aminas terciarias como agentes de iniciación de la polimerización son incompatibles con los sistemas adhesivos convencionales (dos pasos) y sistemas adhesivos autocondicionantes (paso único). La acidez del agente adhesivo puede interferir en el proceso de polimerización, ya que por su pH bajo, inhibe la acción de las aminas terciarias presentes en algunos materiales de cementación. La incompleta remoción de agua o solventes del adhesivo también pueden retardar la polimerización de los compuestos de autocurado.

Por otro lado, un bajo grado de conversión polimérica también está relacionado con una alta citotoxicidad de los materiales resinosos, atribuida a pequeñas cantidades de monómeros residuales que son consideradas moléculas inestables y de gran poder reactivo que pueden difundirse hacia los tejidos adyacentes. Uno de ellos proviene de la canforoquinona, que presenta altos niveles de citotoxicidad y actuando además como agente mutagénico. Estudios realizados por Melo M. y Lacerda R. (10) demostraron la citotoxicidad de los monómeros que no reaccionaron a través de la fotopolimerización de los materiales en base a resina. En este estudio se evidencia que solamente en el tercio superior se alcanza niveles óptimos de conversión del polímero por lo que se vuelve de gran importancia asegurar un adecuado sellado apical de los tratamientos restauradores en piezas endodónticamente tratadas para evitar posibles lesiones en los tejidos periapicales expuestos a estas sustancias citotóxicas.

12.- CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos, es posible concluir que el grado de conversión del adhesivo Ambar varía de forma negativa en los niveles más profundos del conducto radicular, considerándose diferencias estadísticamente significativas.

La diferencia más evidente está dada por los niveles de conversión observados en el primer y tercer grupo, es decir, entre las porciones superior e inferior respectivamente, las cuales no cumplen los valores mínimos aceptados.

Las diferencias en el grado de conversión se relacionan con la porción del conducto radicular, correspondiéndose con la distancia a la que se aplica el haz de luz, por lo que podemos decir que, a mayor profundidad del conducto se obtiene un menor grado de conversión.

Por lo anterior, no se recomienda el uso de sistemas adhesivos fotopolimerizables para situaciones clínicas que impliquen procedimientos intraconducto, con el objetivo de evitar fracasos a corto y mediano plazo, tales como: desalajo de las restauraciones, fracturas radiculares e incluso pérdida dentaria.

Se sugiere que, para tratamientos rehabilitadores de piezas endodónticamente tratadas se empleen materiales autopolimerizables o de curado dual, los cuales garantizan una adecuada conversión polimérica, aun en las porciones más profundas del conducto radicular.

13.- COMENTARIOS

La presente investigación estuvo limitada por la cantidad de variables en estudio, pues con el objetivo de estandarizar la confección de muestras, se omitieron características importantes de un conducto radicular real, tales como: conicidad, curvaturas y variaciones anatómicas imposibles de reproducir de manera artificial.

Sin embargo, cabe destacar que, aún en condiciones ideales con longitud, rectitud y diámetro controlados, no se obtuvieron niveles apropiados en el grado de conversión en aquellas profundidades mayores a 5 mm.

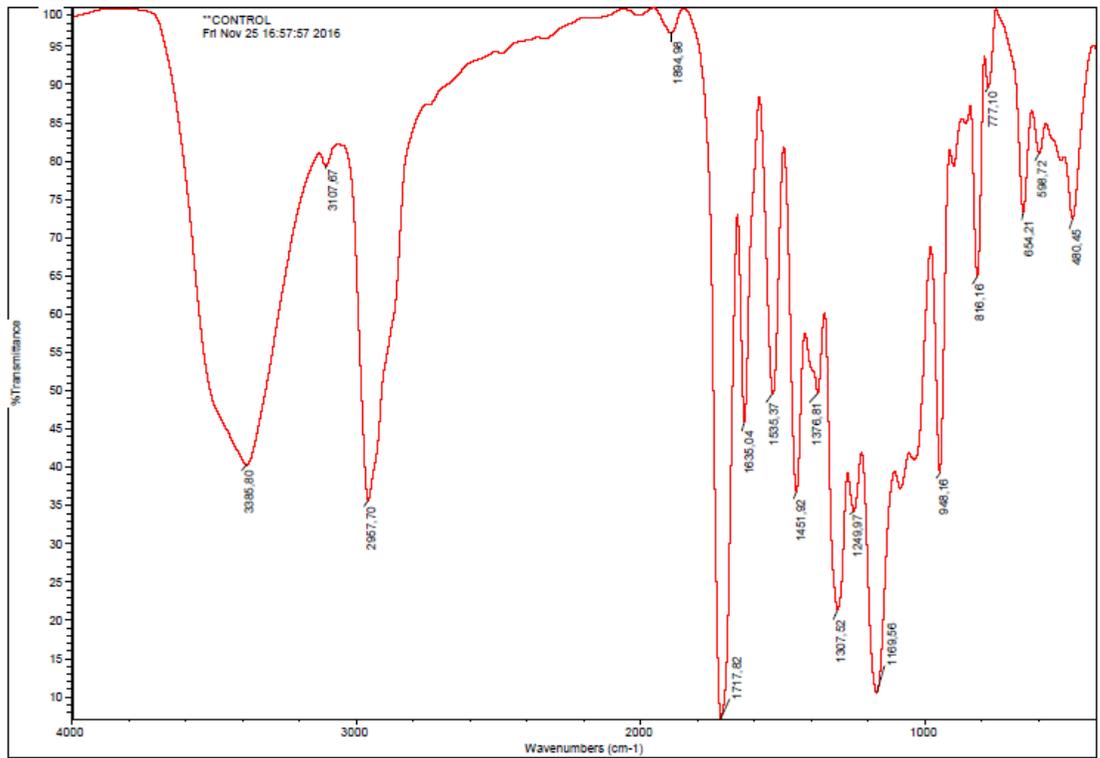
14.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aguilar A., Barriga J., Chumi R., Adhesivos de quinta y sexta generación. Revista Latinoamericana de Ortodoncia y Odontopediatría. Año 2007.
2. Zicari F, Van Meerbeek B, Scotti R, Naert I. Effect of ferrule and post placement on fracture resistance of endodontically treated teeth after fatigue loading. J Dent. 2013;41(3):207–15.
3. Jara P., Martínez A., Correa G., Catalán A., In vitro study of push-out resistance of glass-fiber posts cemented with four luting agents. Avances en Odontología. Vol. 26 (5). Año 2010.
4. Ceballos N., Factores causales de fracasos en adhesión dental. Tesis Universidad de Guayaquil, Facultad de Odontología. Tesis previo a la obtención de título de Odontólogo. Año 2014.
5. Aguilar A., Barriga J., Chumi R., Adhesivos de quinta y sexta generación. Revista Latinoamericana de Ortodoncia y Odontopediatría. Año 2007.
6. Henostroza G, Editor. Adhesión en odontología restauradora. Capítulo 5: Evolución de los sistemas adhesivos poliméricos. Editorial Maio. 1º edición, Año 2003.
7. Goracci C, Ferrari M. Current perspectives on post systems: A literature review. Aust Dent J. 2011;56(SUPPL. 1):77–83.
8. Henostroza G, Editor. Adhesión en odontología restauradora. Capítulo 14: La adhesión en prostodoncia fija. Editorial Maio. 1º edición. Año 2003.
9. Zamorano X., Microestructura de la Zona de Adhesión en Conductos Tratados Endodónticamente. Revista Dental de Chile. Vol. 96 (2).
10. Melo M., Lacerda R., Evaluación de Citotoxicidad y Conversión del Monómero de Cuatro Adhesivos Ortodónticos. Journal Odontostomatología. Vol. 3(2). Año 2009.
11. Figun M., Gariño R., Anatomía odontológica funcional y aplicada. Cap 3. Editorial El Ateneo. Año 2009.
12. Rivas R., Asignatura de endodoncia. Universidad Nacional Autónoma de México. Año 2015 (Internet) Disponible en: <http://www.iztacala.unam.mx/rrivas/NOTAS/Notas2Morfologia/morfologiacavidad.html>
13. Soares & Goldenberg. Endodoncia técnicas y Fundamentos. Editorial Medica Panamericana. 1º Edición, Año 2003.
14. Rodríguez C., Oporto G., Determinación de la Longitud de Trabajo en Endodoncia. Implicancias Clínicas de la Anatomía Radicular y del Sistema de Canales Radiculares. International Journal Odontostomatologic. Vol. 8 (2). Año 2014.
15. Oporto G., Fuentes F., Variaciones Anatómicas Radiculares y Sistemas de Canales. International Journal of Morphology. Vol. 28 (3). Año 2010.
16. Brauchli L, Eichenberger M, Steineck M, Wichelhaus A. Influence of decontamination procedures on shear forces after contamination with blood or saliva. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, October 2010. Volume 138, Issue 4, 435 - 441
17. Manuja N, Nagpal R, Pandit IK. Dental adhesion: mechanism, techniques and durability. J Clin Pediatr Dent [Internet]. 2012;36(3):223–34.
18. Rincón F., Carnejo D., Adhesivos Dentales en Odontología. Conceptos fundamentales. Avances en Odontología. Año 2011.
19. Camps. A., La evolución de la adhesión a dentina. Avances en

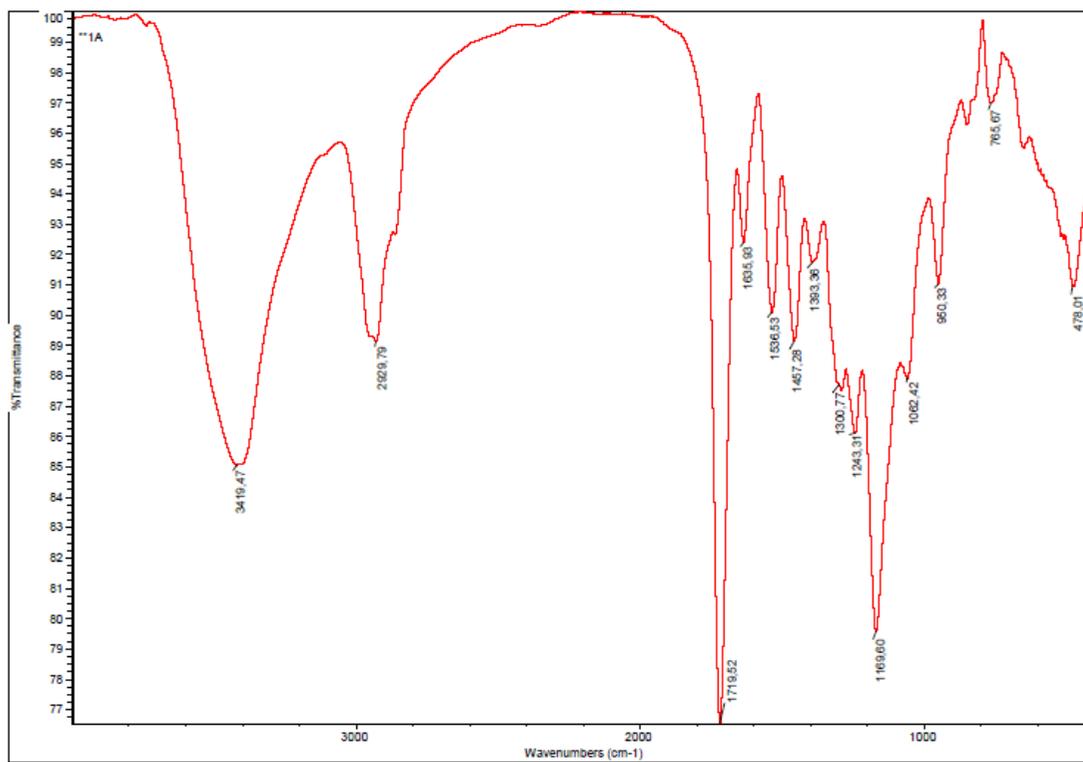
- odontoestomatología. Vol. 20 (1). Año 2004.
20. Neira O., Adhesivos dentales autograbadores. Revista Kiru Facultad de Odontología Universidad San Martín de Porres. Vol. 1 (1). Año 2004.
 21. Flury S., Principios de la adhesión y de la técnica adhesiva. Quintessenz Team Journal, Edición Especial. Vol. 25 (10), Año 2012.
 22. Carrillo C., Monroy M., Materiales de resinas compuestas y su polimerización. Revista ADM. Vol. 65 (4). Año 2009
 23. Garone W, Garone G. Evolución de los Sistemas Adhesivos Poliméricos. En: Garone W, Editor. Adhesión en Odontología Restauradora. 2ª ed; Ripano S.A. Madrid. 2010. p.139-171.
 24. Carpena G, Narciso L. Adhesión dental: actual nivel de calidad y perspectivas futuras. Quintessence (Ed. esp.) 2003; 16: 276-287.
 25. Durado A., Reis A., Sistemas adhesivos. Revisión de literatura. Revista de Operatoria Dental y Biomateriales. Vol. 1 (2). Año 2016.
 26. Ancona A., Ramírez M., Efecto de la energía de polimerización sobre el grado de conversión en resinas compuestas de uso dental envejecidas por UV.
 27. Uribe J, Steenbecker O, Priotto E, Nuñez N. Principios sobre adhesión. En: Steenbecker O, Editor. Principios y Bases de los Biomateriales en Operatoria Dental Estética Adhesiva. 1º ed. Valparaíso: Universidad de Valparaíso, Año 2006: 277-326.
 28. Maya C., Vallejo M., Citotoxicidad de los adhesivos dentinarios. Revista CES Odontología Vol. 23 (2). Año 2010.
 29. Aguilar A., Barriga J., Chumi R., Adhesivos de quinta y sexta generación. Revista Latinoamericana de Ortodoncia y Odontopediatría. Año 2007.
 30. Zamorano X. Microestructura de la Zona de Adhesión en Conductos Tratados Endodónticamente. Revista Dental de Chile. Vol. 96 (2).
 31. Mena A. Comparación de la resistencia a la compresión de resinas compuestas. Trabajo de titulación, Universidad de las Américas. Año 2015 (Internet) Disponible en: [http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/3975/1/UDLA-EC-TOD-2015-01\(S\).pdf](http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/3975/1/UDLA-EC-TOD-2015-01(S).pdf)
 32. Davis P., Melo LSD, Foxton RM, Sherriff M, Pilecki P, Mannocci F, et al. Flexural strength of glass fibre-reinforced posts bonded to dual-cure composite resin cements. Europe Journal Oral Science. Vol. 118 (2). Año 2010.
 33. Organización Internacional de Normas. Odontología-Resinas con materiales de relleno. Décima edición 1988-12-15. Norma ISO 4049.
 34. Celerino I., Silva L., Martín A., Cavalli V., Suzy P. Influence of the photoinitiator system and light photoactivation units on the degree of conversion of dental composites. Brazilian Oral Research. Vol. 24 (4). Año 2010.

15.- ANEXOS

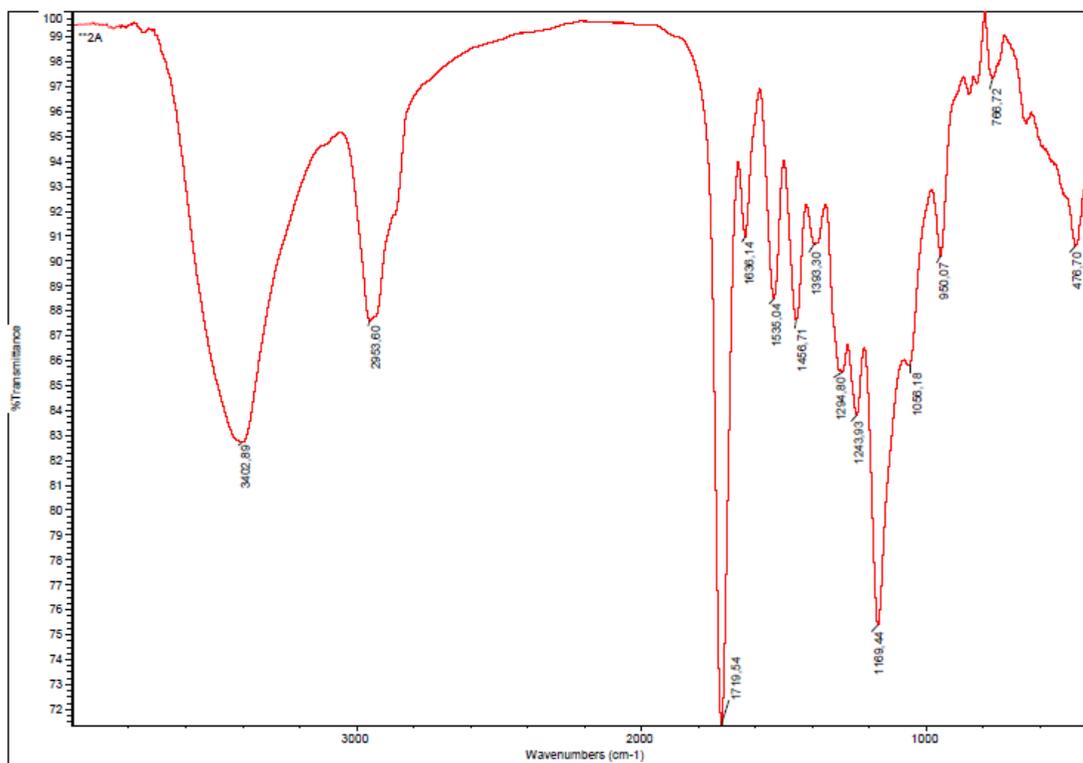
ANEXO 1: Espectros Infrarrojos



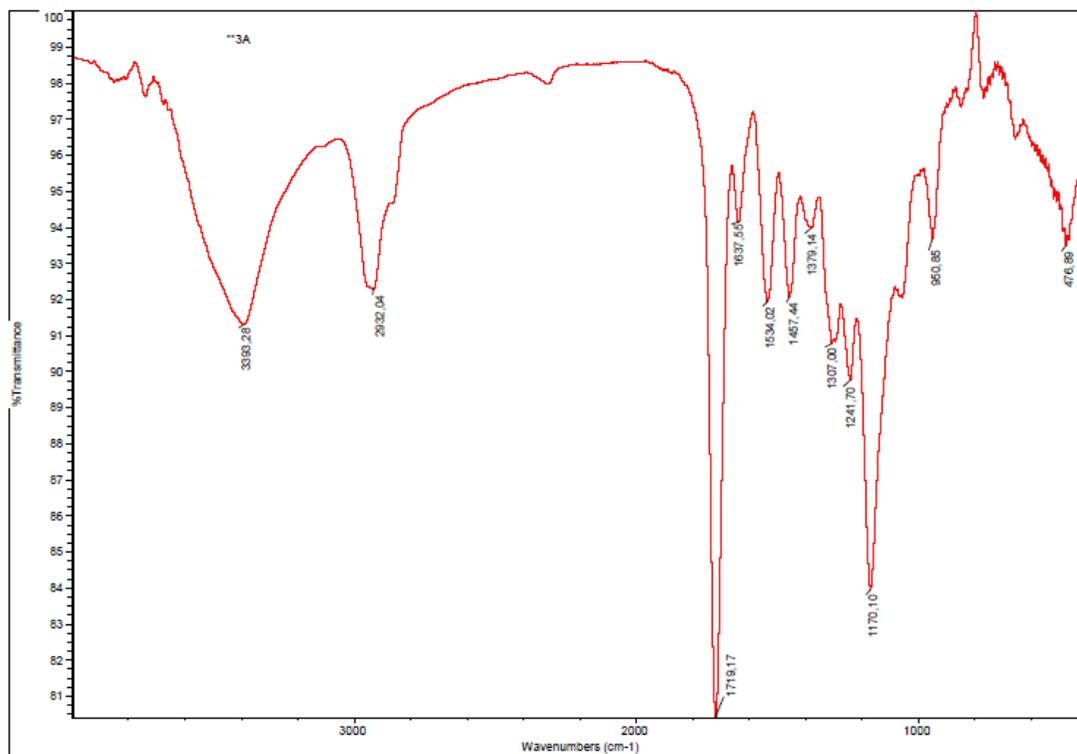
Espectro Control



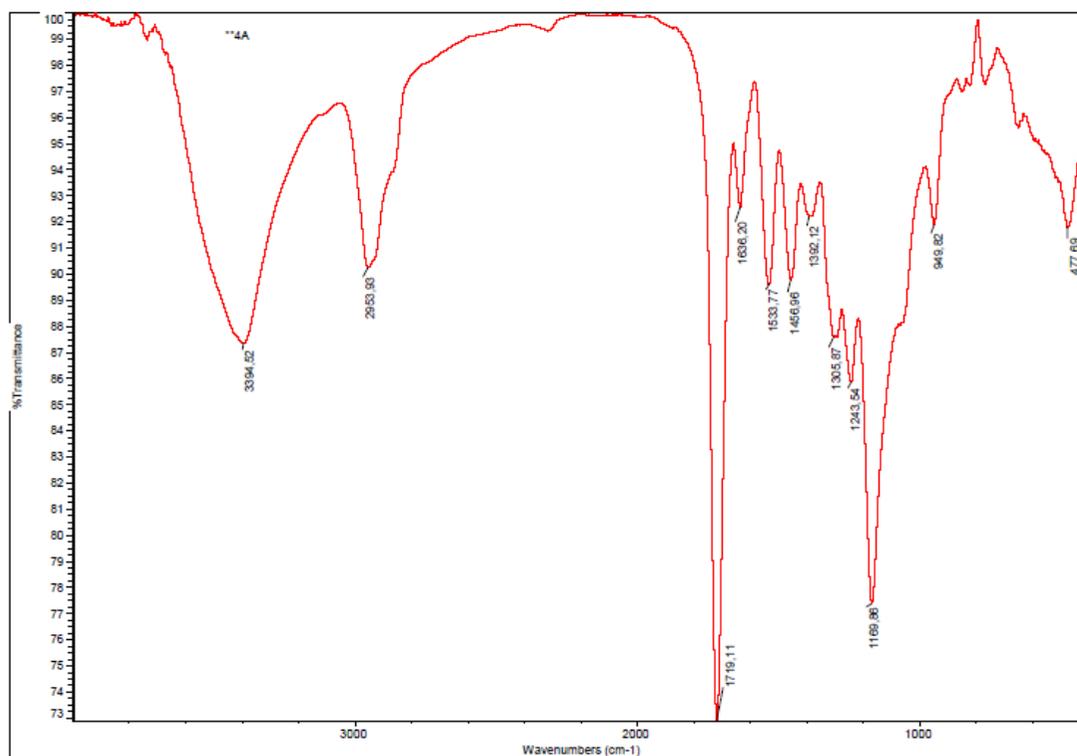
Espectro 1A



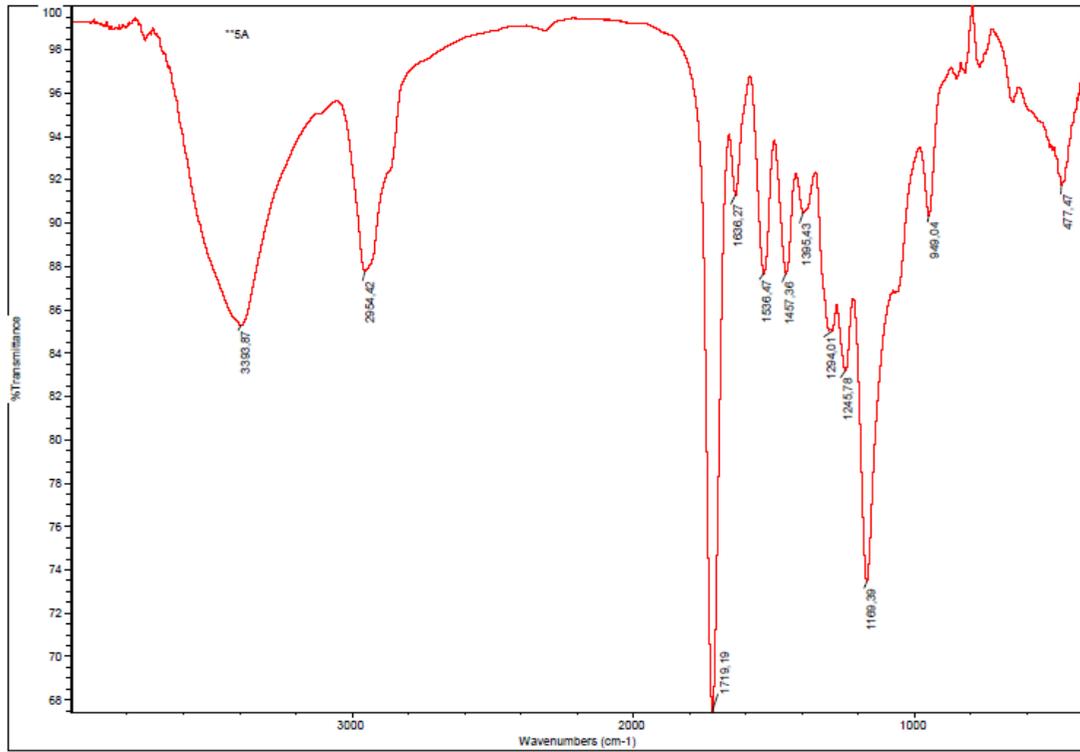
Espectro 2A



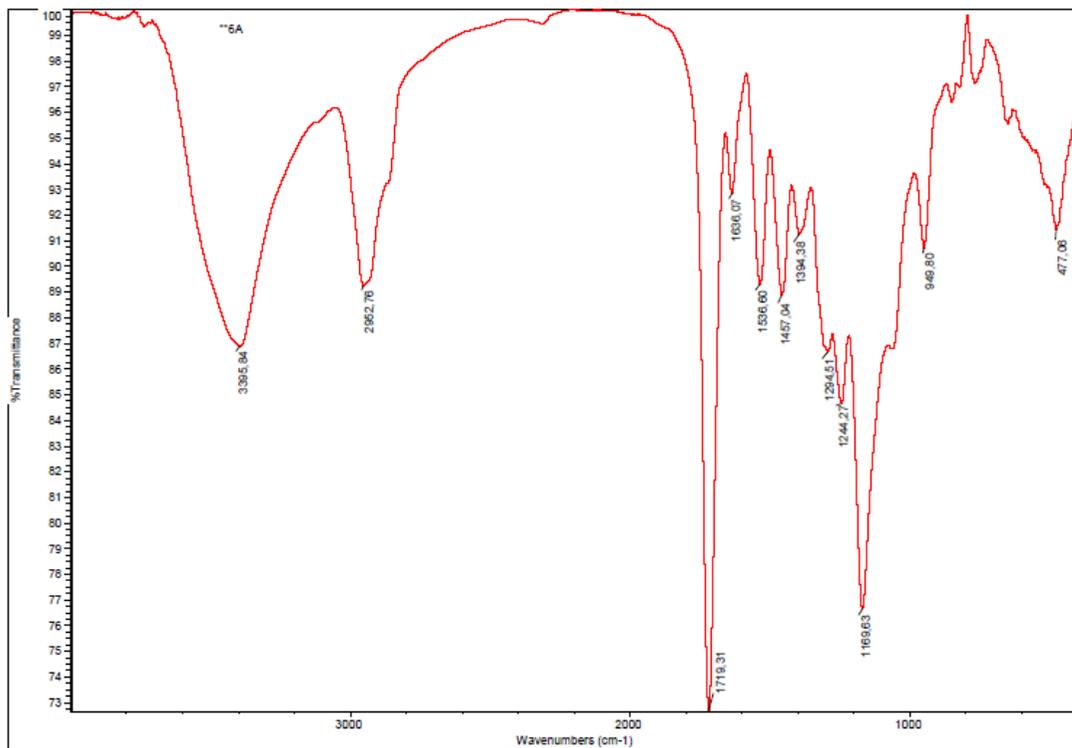
Espectro 3A



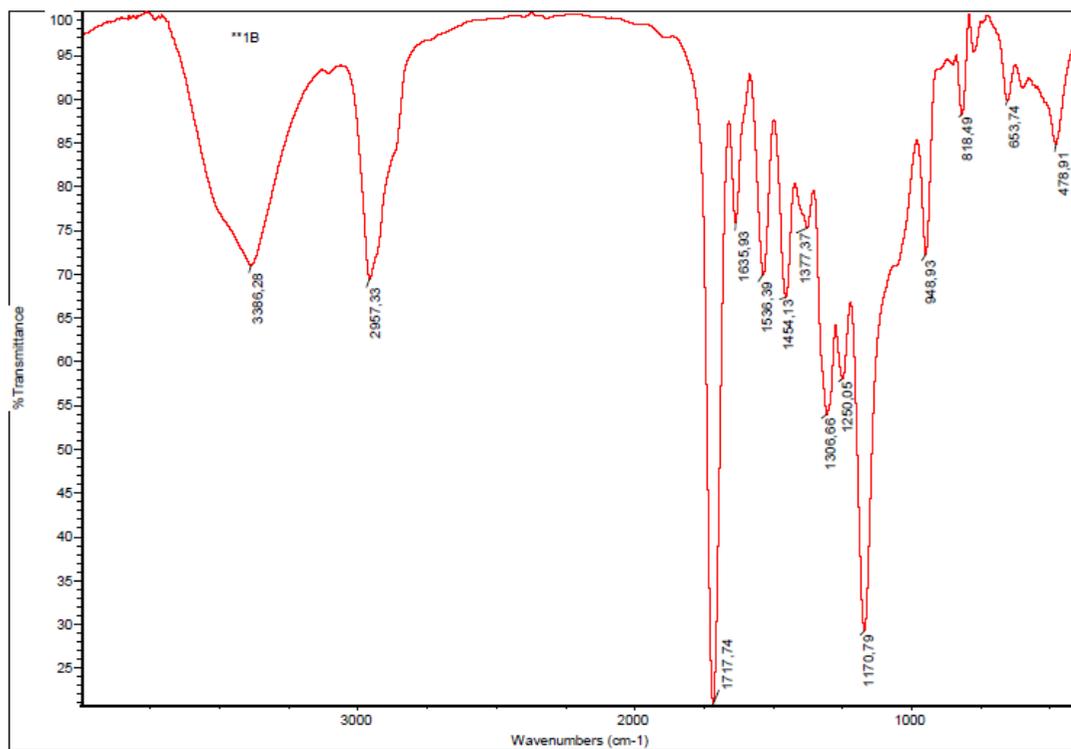
Espectro 4A



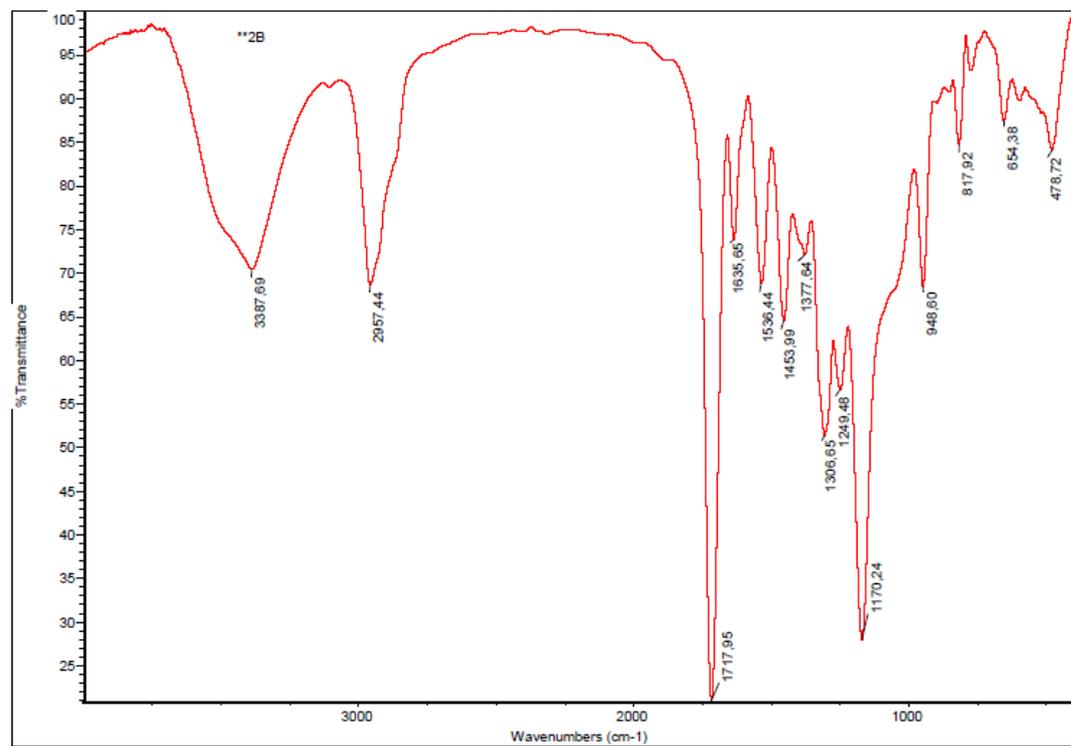
Espectro 5A



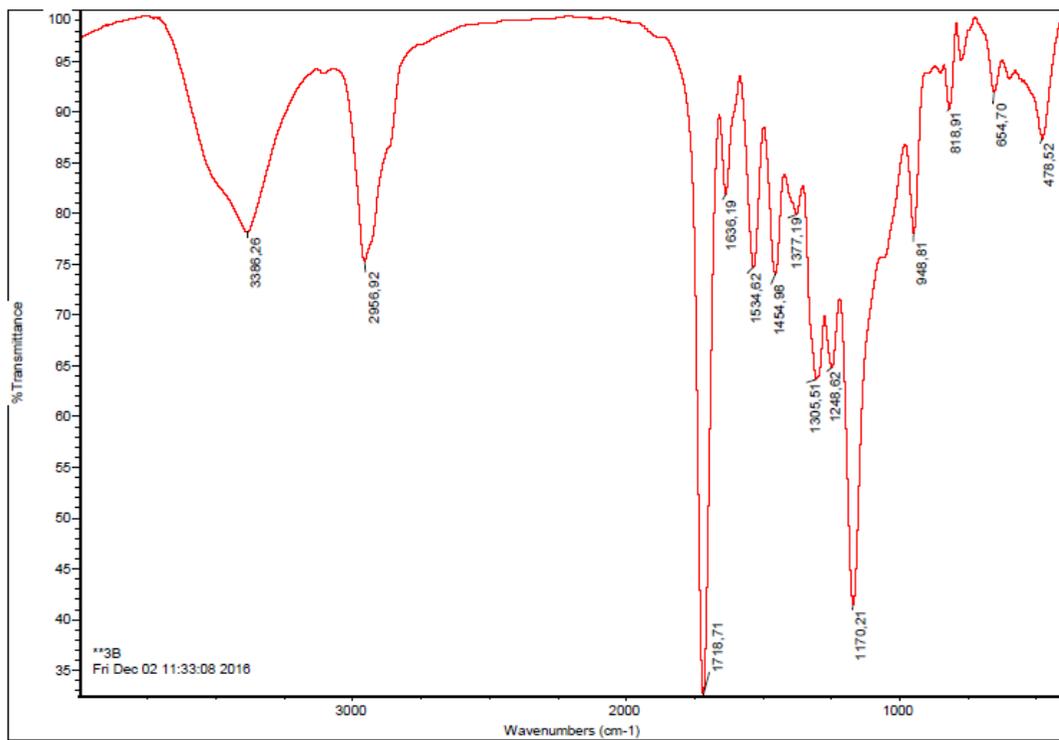
Espectro 6A



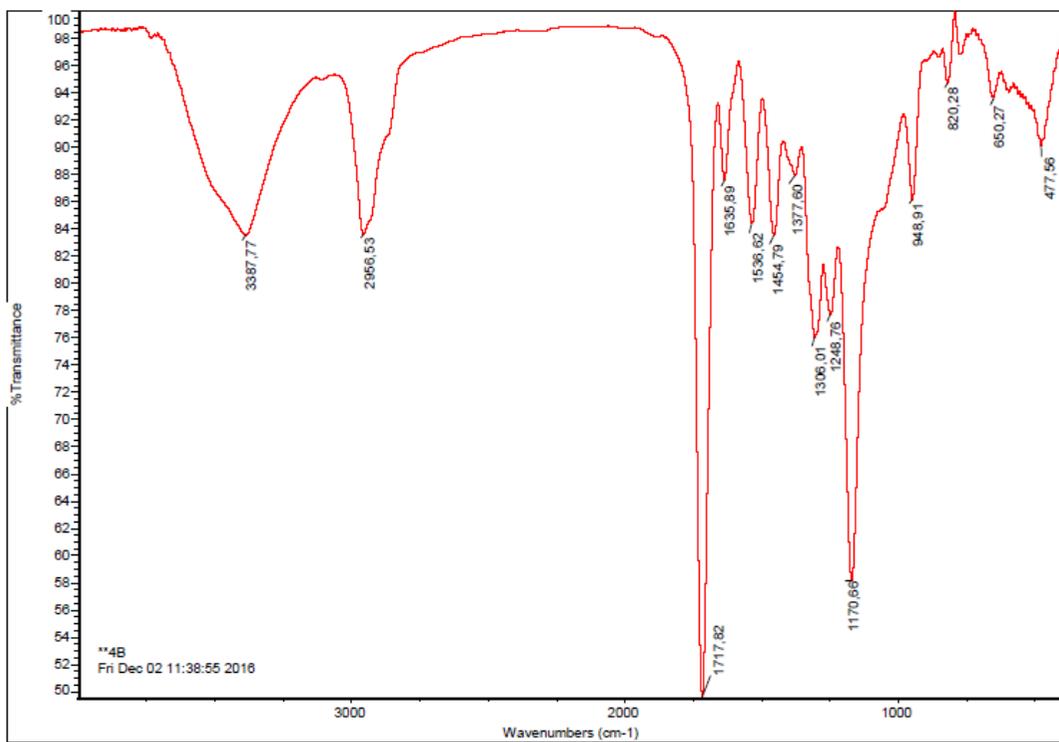
Espectro 1B



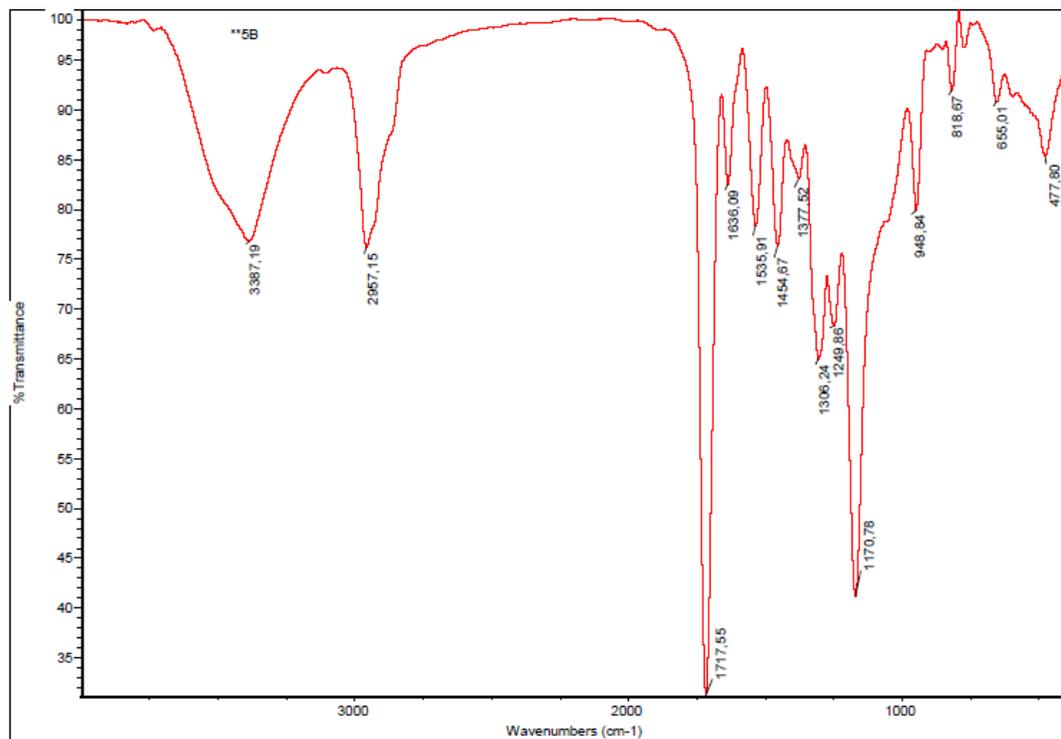
Espectro 2B



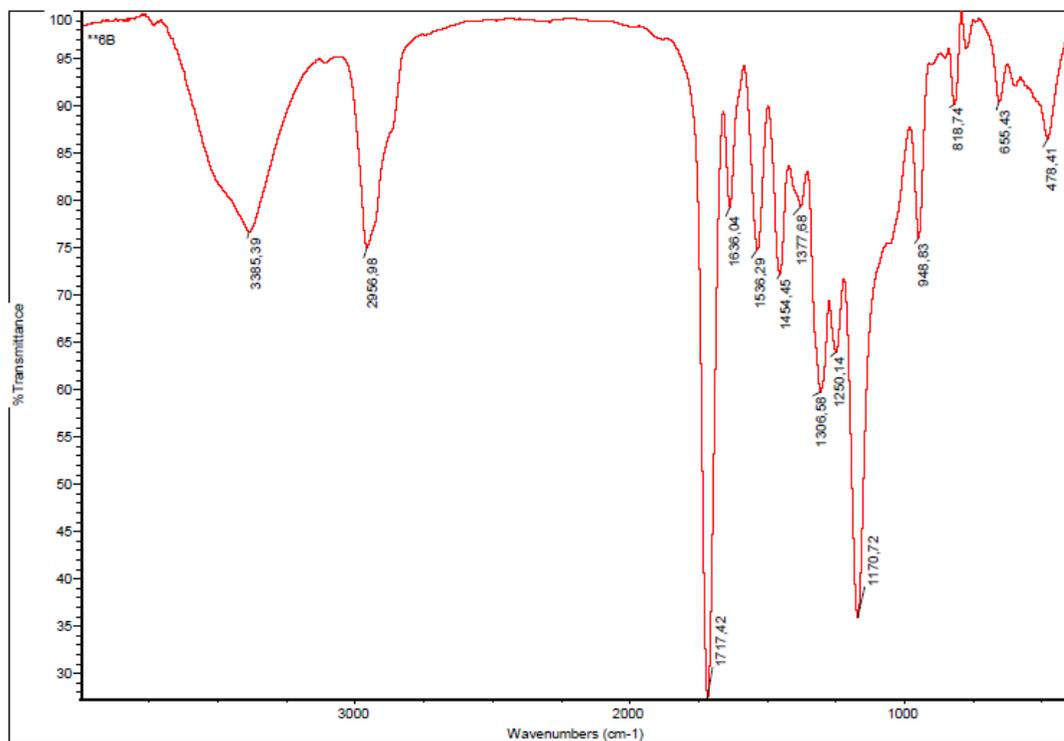
Espectro 3B



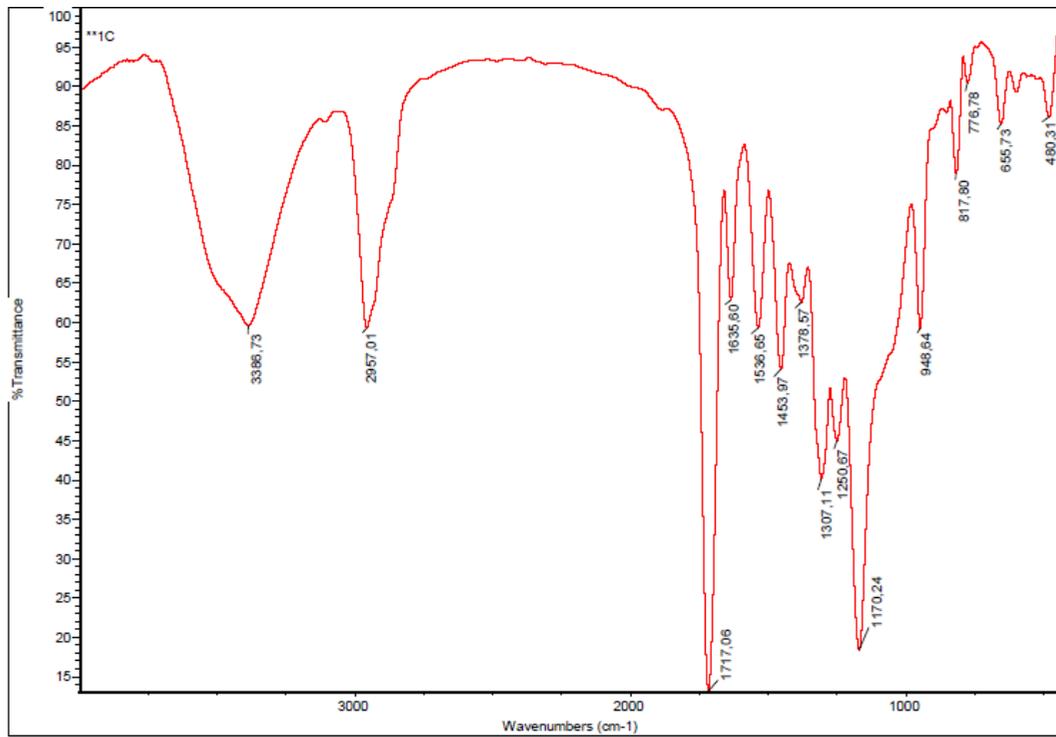
Espectro 4B



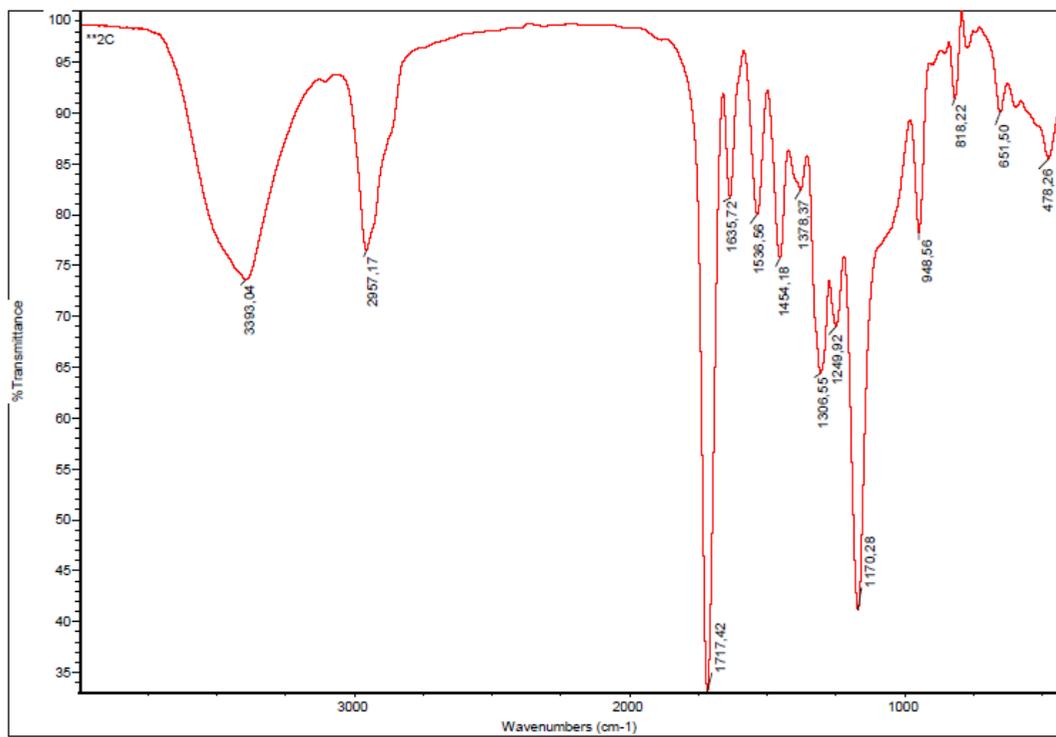
Espectro 5B



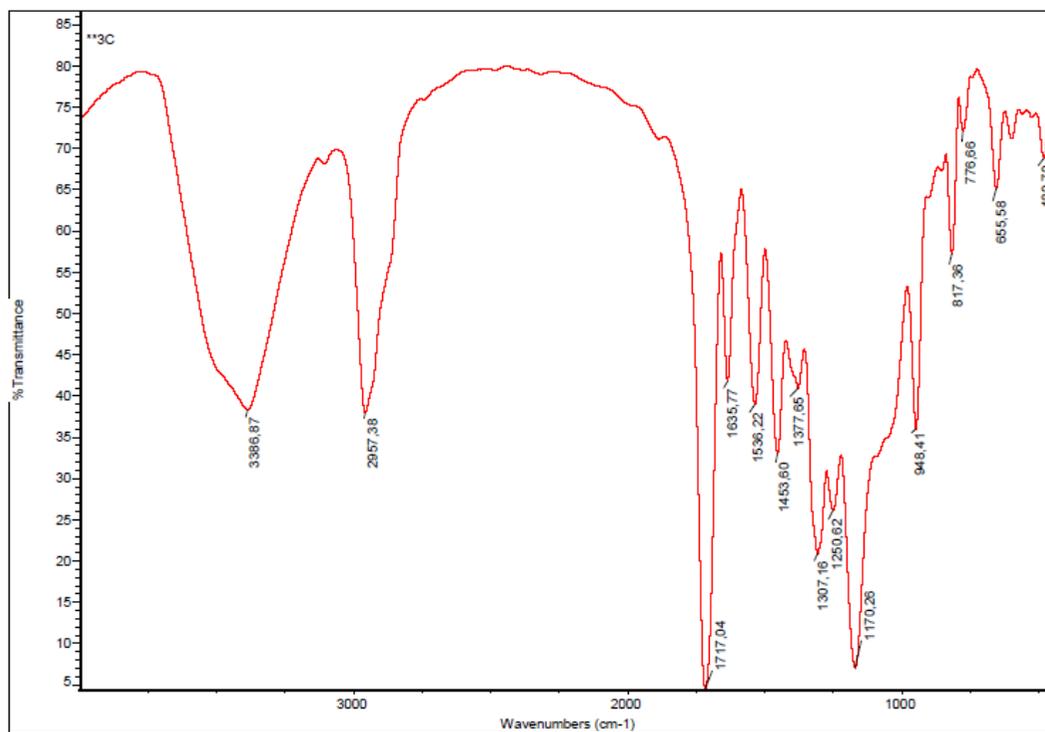
Espectro 6B



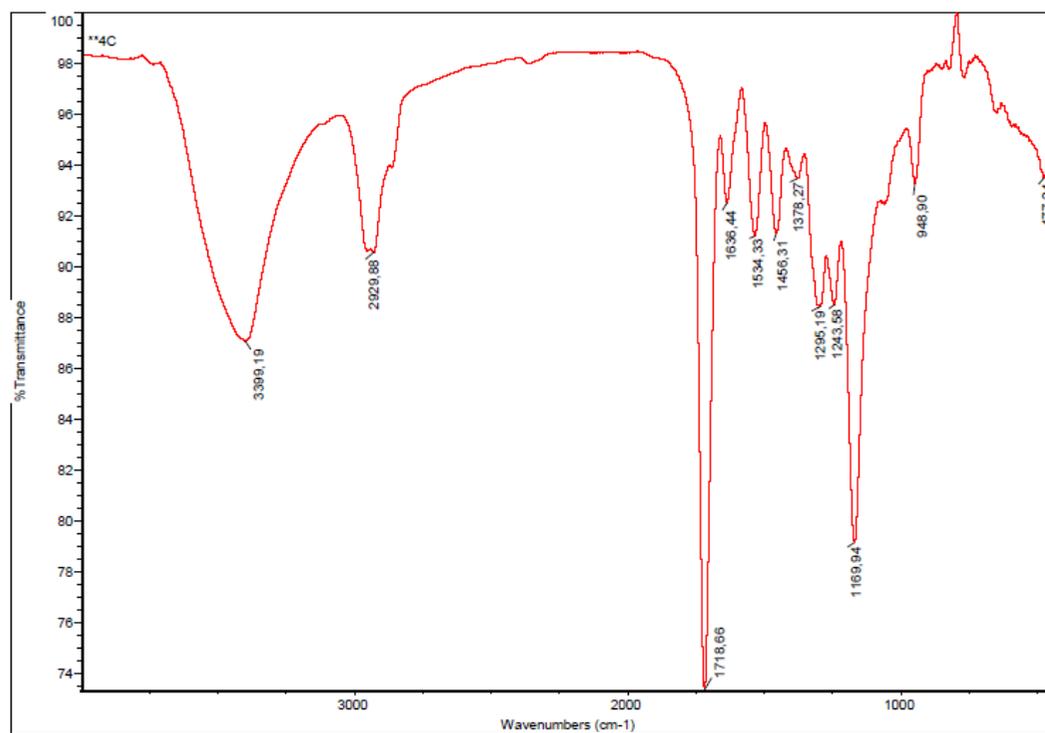
Espectro 1C



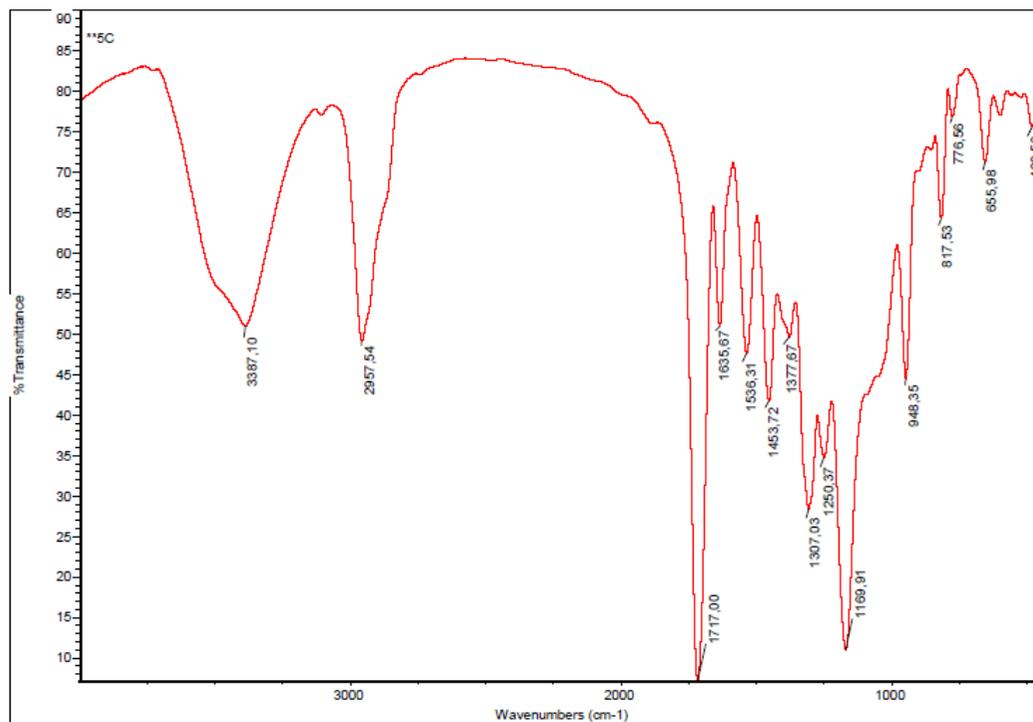
Espectro 2C



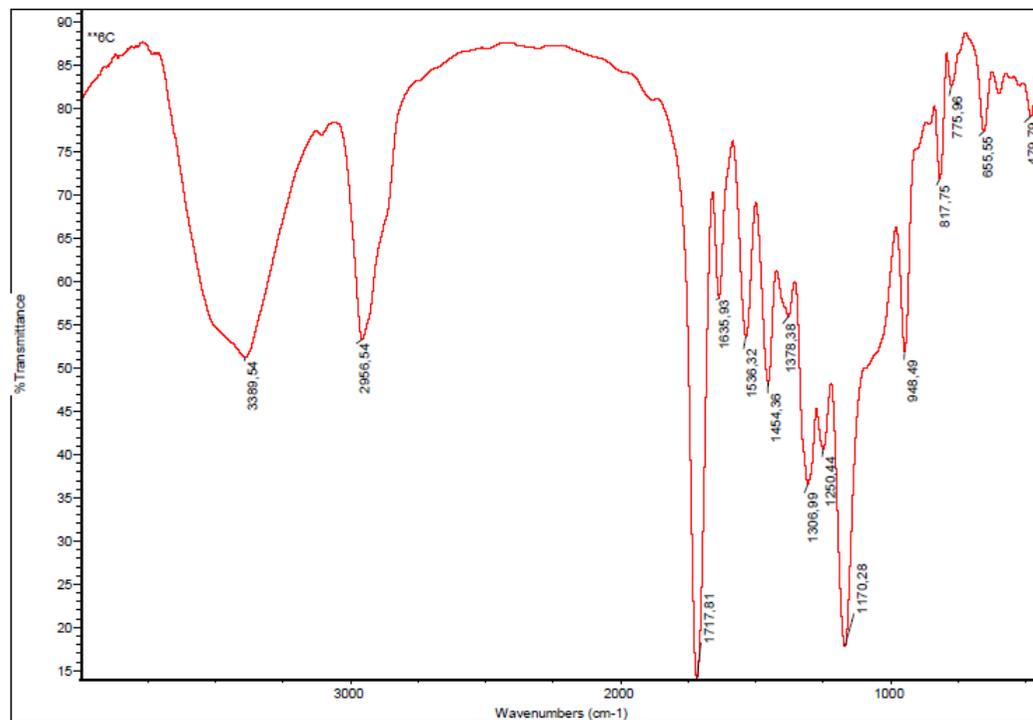
Espectro 3C



Espectro 4C



Espectro 5C



Espectro 6C

ANEXO 2: Planilla de Recolección de Datos

Muestra	Conversión A	Conversión B	Conversión C
1	59%	48%	39%
2	57%	51%	53%
3	61%	51%	19%
4	63%	53%	63%
5	65%	56%	24%
6	63%	53%	39%

ANEXO 3: Carta de autorización Comité Bioética



Concepción, 2 de Septiembre 2016

CERTIFICADO

El Comité Ético Científico de la Escuela de Odontología de la Universidad Andrés Bello sede Concepción, certifica que el proyecto de investigación **“GRADO DE CONVERSION DEL ADHESIVO AMBAR EN DISTINTAS PORCIONES DEL CONDUCTO RADICULAR: ESTUDIO IN VITRO.”**, del estudiante interno **Srta. Valentina Chamorro Vásquez**, bajo tutoría del **Dr. Francisco Galdames Riquelme**, ha sido **Aprobado** después de una revisión exhaustiva y de las observaciones planteadas por este Comité, comentadas en sesiones plenarias las cuales fueron debidamente aclaradas o implementadas según lo informado por los investigadores.

En virtud de lo anterior, en este acuerdo, se estableció de forma unánime la implementación de la investigación, refrendándose en la sesión de fecha 02 de Septiembre. Sin desmedro de lo anterior, cualquier cambio posterior en el transcurso del estudio, deberá ser informado formalmente a este Comité, para su re-evaluación y nueva aprobación.

Observaciones:

Dr. Nelson Dinamarca Palma.

Comité Ético Científico
Universidad Andrés Bello
Facultad de Odontología
Sede Concepción