



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

ESCUELA DE POSGRADO

**“INTERFACES DE ADHESIÓN A DENTINA DE CEMENTOS DE
IONÓMEROS DE VIDRIO CONVENCIONALES, DE ALTA VISCOSIDAD Y
MODIFICADOS CON RESINAS, COMPOSICIÓN QUÍMICA, ACCIÓN DEL
ÁCIDO FOSFÓRICO Y TÉCNICA LAMINAR”**

TESISTA:

OD. LEONARDO JORGE URIBE ECHEVARRÍA.

DIRECTOR:

PROF. DR. JORGE URIBE ECHEVARRÍA

CÓRDOBA, 2017



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-
NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
ESCUELA DE POSGRADO**

**TRABAJO DE TESIS DOCTORAL PARA OPTAR AL TÍTULO DE
DOCTOR EN ODONTOLOGÍA DEL
ODONTÓLOGO LEONARDO JORGE URIBE ECHEVARRÍA**

TÍTULO DE LA TESIS

**INTERFACES DE ADHESIÓN A DENTINA DE
CEMENTOS DE IONÓMEROS DE VIDRIO
CONVENCIONALES, DE ALTA VISCOSIDAD Y
MODIFICADOS CON RESINAS, COMPOSICIÓN
QUÍMICA, ACCIÓN DEL ÁCIDO FOSFÓRICO Y
TÉCNICA LAMINAR**

Director de Tesis Doctoral

Prof. Emérito Dr. Jorge Uribe Echevarría

Codirector de Tesis Doctoral

Prof. Dr. Enrique Fernández Bodereau

2017

COMISIÓN DE TESIS DOCTORAL

Prof. Dra. María del Carmen Urquía Morales

Facultad de Odontología. Universidad Nacional de Córdoba.

Prof. Dr. Alberto Riveros de la Vega

Facultad de Matemáticas, Astronomía y Física.

Universidad Nacional de Córdoba.

Prof. Dr. Jorge Uribe Echevarría

Facultad de Odontología. Universidad Nacional de Córdoba.

JURADO DE TESIS

Prof. Dra. María del Carmen Urquía Morales

Facultad de Odontología. Universidad Nacional de Córdoba.

Prof. Dr. Alberto Riveros de la Vega

Facultad de Matemáticas, Astronomía y Física.

Universidad Nacional de Córdoba.

Prof. Dra. Liliana Zeman

Facultad de Odontología. Universidad Nacional de Tucumán.

DEDICATORIAS

“A toda mi familia, porque sin ellos no sería quien soy; a mi esposa Alejandra y a mi hijo Santiago, que son la luz de mis ojos; a mis padres Jorge y Norma, porque no existiría sin su amor, me enseñaron y formaron en una persona de bien; a mis hermanos Andrea y Diego, que son mi apoyo desde siempre; a mis cuñados Alberto, Raquel, Osvaldo, Karina y a mis sobrinos, Maximiliano, Fernanda, John, Jessica, José, Nayla, Martina, María Paz, Brenda, Franca, Conrado, Genaro y Lola; a todos y cada uno de los miembros de mi Familia, que están siempre conmigo, en mis aventuras, en todo proyecto emprendido; son mis amigos, consejeros, confidentes y los quiero con todo mi corazón.

A mi grupo de trabajo, Karim y Celeste, que son mis compañeras y colaboradoras en mi carrera clínica y científica.

A la memoria de mis abuelos; Juan y Alicia, Juan y Margarita; de mis suegros Osvaldo y Raquel y de mi querida tía Gladys, porque siempre estarán en mi corazón.”

AGRADECIMIENTOS

A mi Director de Tesis Doctoral Profesor Doctor Jorge Uribe Echevarría, por su ayuda, colaboración, apoyo y estímulo permanente.

A la Comisión de Tesis Doctoral de la Facultad de Odontología, Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Córdoba, Profesora Doctora María del Carmen Urquía Morales de la Facultad de Odontología UNC y Profesor Doctor Alberto Riveros de la Vega de la Facultad de Matemáticas, Astronomía y Física UNC por la orientación recibida, por sus sabios consejos, apoyo, estímulo y enseñanzas en el desarrollo de este trabajo de Tesis Doctoral y a la Profesora Doctora Liliana Zeman de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional de Tucumán por sus consideraciones y enseñanzas.

A mi Codirector Profesor Doctor Enrique Fernández Bodereau, por su consejo permanente.

A mi grupo de investigación por sus grandes aportes para la realización de esta Tesis, Andrea Uribe Echevarría, Carlos Alfredo Rozas e Ismael Ángel Rodríguez. Al Ingeniero Electrónico Jorge Vílchez, Profesional Técnico de LAMARX, por su dedicación, colaboración y enseñanza en la realización de las imágenes de interfaces, microporosidad y composición química de los biomateriales utilizados en esta Tesis,

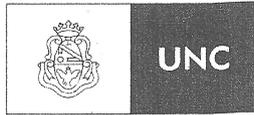
Al Doctor en Física Víctor Galván, de FAMAFA, por su asesoramiento y procesamiento de los datos estadísticos, tablas y gráficos.

Al Señor Ricardo G. Reyna, Director de Medios Audiovisuales de la Facultad de Odontología UNC, por su excelente trabajo en la compaginación del texto, imágenes y gráficos de esta Tesis Doctoral.

A todas aquellas personas, que de un modo u otro, me alentaron, apoyaron y estimularon permanentemente a largo de estos años, para la concreción de esta Tesis.

A Sofía Arach y Liliana Dajruch por su total apoyo.

CERTIFICADO DEL COMITÉ DE ETICA



Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Odontología

INFORME DE EVALUACION DE PROTOCOLO DE INVESTIGACION PARA EL INVESTIGADOR

Comisión de Ética "Ad Hoc" Res. Dec. 305/12, con aprobación transitoria del COEIS 2012 y con prórroga hasta abril 2013.

Título del Trabajo de Investigación	"Interfaces de adhesión a dentina de cementos de ionómeros vítreos convencionales, de alta viscosidad y de ionómeros de vidrio modificados con resinas, composición atómica, acción ácido fosfórico y técnica laminar"	
Nombre Abreviado y N° 45 ODO de Registro	Interfaces de adhesión a dentina con distintos ionómeros su acción y técnica.	
Investigadores Principales	Od. Leonardo Uribe (doctorando) Director Dr Jorge Uribe Echevarría Co-director Fernandez - Bodereau E	
Institución y Sede de la Investigación	Facultad de Odontología UNC	
Documento Presentados	-Nota dirigida al coordinador	si
	- Formulario REPIS no patrocinadas	NO
	-Protocolo de investigación.	si
	-Formulario de consentimiento informado y hoja de información al alumno:	NO
	-Información al paciente sobre la investigación	NO
	- Nota copia declaración de acuerdo de los investigadores	NO
	- Declaración del origen institucional del paciente	si
	- Nota Informe de los centros participantes	si
Integrantes del Comité de CIEIS	- Lista y firma de los investigadores participantes	
	NO	
Resolución	Aprobación 27/03/2013	
Observaciones	Observaciones: presentación copia de nota de la Cátedra de Cirugía III de donde cederán los molares para el estudio "in vitro"	


 Dra Ana Finkelberg
 Sub-Coordinadora Comité de Etica


 Dra Gomez de Ferraris ME
 Coordinadora Comité de Etica

ÍNDICE

Temas	Página
ABREVIATURAS	7
RESUMEN DE TESIS	8
ABSTRACT	9
INTRODUCCIÓN	10
HIPÓTESIS	17
OBJETIVOS GENERALES	18
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
MATERIALES Y MÉTODOS	19
A) INTERFACE DE ADHECIÓN A DENTINA	37
RESULTADOS	40
CONCLUSIONES	84
B) ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN QUÍMICA	85
RESULTADOS	86
CONCLUSIONES	106
C) ACCIÓN DEL ÁCIDO FOSFÓRICO	107
RESULTADOS	108
CONCLUSIONES	129
D) INTERFACES DE UNIÓN EN TÉCNICA LAMINAR	130
RESULTADO	132
CONCLUSIONES	137
CONCLUSIÓN DE TESIS	138
DISCUSIÓN	139
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	157
PUBLICACIONES REALIZADAS COMO ADELANTO DE TESIS DOCTORAL	162
RESÚMENES PRESENTADOS EN CONGRESOS CIENTÍFICOS	163

ABREVIATURAS

ANOVA:	Análisis estadístico de varianza.
CIV:	Cemento de ionómero de vidrio convencional.
CIVAV:	Cemento de ionómero de vidrio de alta viscosidad.
CIVMR:	Cemento de ionómero de vidrio modificado con resina.
CLSM:	Microscopio Confocal Laser de Barrido. <i>Confocal Laser Scanning Microscope</i> .
CLSMR	Microscopio Confocal Laser de Barrido por Reflexión. <i>Confocal Laser Scanning Microscope by Reflection</i> .
EDS:	Espectrómetro por Energía Dispersiva de Rayos X. <i>Energy Dispersive Spectroscopy X-Ray</i> .
FEG SEM:	Microscopio Electrónico de Barrido de Emisión de Campo. <i>Scanning Electron Microscopy Field Emission Gun</i> .
LAMARX:	Laboratorio de Microscopía Electrónica y Análisis por Rayos X. Universidad Nacional de Córdoba.

RESUMEN

La evolución de los cementos de ionómeros de vidrio posibilita disponer de una variedad importante de productos, como CIV convencionales, CIVAV de alta viscosidad y CIVMR modificados con resina. Los cementos ionómeros de vidrio de alta viscosidad surgieron, ante la necesidad de la aplicación de un ionómero que pueda resistir las fuerzas de oclusión con mínimo deterioro superficial. Estos CIVAV, serían una solución para la restauración estética y aplicación en bloque en preparaciones de Clase 1, 2 y 5, no expuestas a stress oclusal; cuando predominan topes de oclusión intensos, se debería cubrir el CIVAV con una capa de 1.5 o 2.0mm de composite de alta densidad lo que se denomina *técnica laminar o sandwich*. Las incógnitas que se presentan con los CIVAV para restauración en bloque y las dudas sobre su comportamiento adhesivo y sellado cavitario en preparaciones profundas y extensas de Clase 1, llevó a la realización de este trabajo, utilizando microscopía de alta tecnología con la finalidad de investigar su estructura y composición química, la interface con las paredes cavitarias, la acción del ácido fosfórico y su unión a las resinas compuestas de restauración a través de la técnica laminar.

Hipótesis: "Los cementos de ionómero de vidrio de alta viscosidad para restauración, programados para su aplicación en bloque aumentarían la adhesión y el sellado cavitario, en preparaciones cavitarias profundas y extensas de Clase 1, restauradas por técnica laminar o sandwich."

Al comparar las interfaces de adhesión a dentina de los CIV, CIVAV y CIVMR se pudo establecer que: a) interfaces abiertas mayores correspondieron a Vitremer e Ionofil Molar; b) interfaces de menor desadaptación se obtuvieron con EQUIA Fil y GC Gold Label 9; c) Interfaces con desadaptaciones intermedias fueron verificadas con Ketac Molar Easymix y Fuji Lining LC; d) Vitremer, Ionofil Molar y Fuji Lining LC mostraron fracturas adhesivas, con mínimo sellado dentinario; e) Ketac Molar Easymix reveló fracturas adhesivas y cohesivas, sin sellado dentinario; f) GC Gold Label 9 generó fracturas de tipo cohesivo dentro del material, sin afectar el sellado dentinario; g) EQUIA Fil presentó interfaces mínimas con fracturas de tipo cohesivo y correcto sellado de los túbulos dentinarios. Se pudo determinar la composición química y la estructura de todos los CIV investigados y la acción del ácido fosfórico sobre los CIV, donde se comprobó que el ácido fosfórico aplicado durante 15 segundos produce microporos de distinta profundidad y amplitud en todos los CIV investigados, no generando en los lapsos utilizados, grietas y fisuras en la estructura ionomérica; la interface de adhesión química o de unión micromecánica entre el sistema adhesivo y la resina compuesta de alta densidad, posibilitaría la utilización de la técnica laminar en los casos clínicos que lo requieran. Conclusión de Tesis: *Los Cementos de Ionómero de Vidrio de alta viscosidad para restauración, programados por los fabricantes para su aplicación en bloque, aumentarían la adhesión-adaptación y el sellado cavitario en preparaciones cavitarias profundas y extensas de Clase 1, restauradas por técnica laminar o sandwich.*

ABSTRACT

The evolution of glass ionomer cements enable to have a large variety of products such as conventional glass ionomer cement (CIV), high viscosity glass ionomer cement (CIVAV) and resin-modified glass ionomer cement (CIVMR). The high viscosity glass ionomer cements emerged from the need of the application of an ionomer that can withstand the occlusion forces with minimal surface damage. These CIVAV would be a solution for the aesthetic restoration block in cavities class 1, 2 and 5, not exposed to occlusal stress. When intense stops predominate occlusion, civav should be cover with a layer of 1,5mm or 2mm high density composite which is called laminar or sandwich technique. The unknowns presented with civav for block restoration and doubts about its adhesive and sealing behavior in deep and large cavity Class 1, led to the realization of this work, in order to investigate its structure and chemical composition interface with the cavity walls, the action of the phosphoric acid and its bonding to composite restorations in the laminar technique using a high tech microscopy. In accordance with the thesis hypothesis: the high viscosity glass ionomer cement for restoration scheduled for use in block increase the adhesion and cavity sealing in deep and large preparation Class 1, restored by laminar or sandwich technique. When comparing dentine bonding interfaces of civ, civmr and civav it was established that: a) Higher open interfaces corresponded to Vitremer and Ionofil Molar; b) Minor adhesion-adaptation interfaces were obtained with EQUIA Fil and GC Gold Label 9; c) Intermediate adhesion-adaptation interfaces were obtained with Ketac Molar and Fuji Lining LC Easymix; d) Vitremer, Ionofil Molar and Fuji Lining LC showed adhesive fractures with minimum dentinal sealing; e) Ketac Molar Easymix reveled adhesive and cohesive fractures without dentinal sealing; f) GC Gold Label 9 generated cohesive fractures within the material, without affecting the dentinal sealing; g) EQUIA Fil presented minimal interface with cohesive fractures and proper sealing of the dentinal tubuls. It was possible to determinate the structure and chemical composition of all glass ionomer cements investigated and the action of phosphoric acid on them, where it was found that phosphoric acid applied during 15 seconds produces different deep and width micro pores in all the glass ionomer cements investigated, no generating in the period used cracks and fissures in the ionomeric structure, the chemical adhesion interface or micro mechanical junction between the adhesive system and the high density resin would enable to use on laminar technique in cases required.

Final conclusion: *high viscosity glass ionomer cements for restoration scheduled by manufactures for application in block would increase the adhesion-adaptation and cavity sealing in deep and large preparation Class 1 restored by laminar or sandwich technique.*

INTRODUCCIÓN

El paradigma de la Odontología Restauradora es conseguir un material de obturación en bloque que logre la protección del complejo dentinopulpar, que incorpore resistencia físico-mecánica para soportar los embates de la oclusión funcional, que selle los túbulos dentinarios y el medio interno con interface cero o nula en todas las paredes cavitarias, que posea biocompatibilidad y acción remineralizante para impedir la instalación de caries secundarias, que posea un coeficiente de expansión térmica y una contracción similar al diente, que sea de fácil manipulación y que presente características estéticas para pasar desapercibido en la cavidad bucal y al ojo humano.

Los cementos de ionómeros de vidrio (CIV), glass ionomer cements o cementos de polialquenoatos de vidrio, son aplicados en Odontología desde hace más de 45 años. Desarrollados por Kent BE, Wilson AD 1969 y patentados con el nombre de *ASPA I*, los resultados de la investigación fueron publicados por Wilson AD, Kent BE 1972 en el *British Dental Journal*. Son fabricados e introducidos comercialmente en el mercado mundial en 1973 como *ASPA II* y *IV* por De Trey Co. (Switzerland), Amalgamated Dental Co. (England) y Caulk Co. (USA), para ser utilizados clínicamente. (Kent BE, Wilson AD 1969).

En Japón GC Corporation, desarrolla y manufactura en 1977, el *Fuji Ionomer Cement Type I* (Wilson AD, Kent BE 1972; Wilson AD, Crisp S, Ferner AJ 1976; Wilson AD, Crisp S, Abel G 1977a; Wilson AD, et al 1977b; Katsuyama S, Ishikawa T, Fuji B 1993; Wilson AD, McLean JW 1998).

En la composición y preparación de los cementos de ionómeros de vidrio intervienen un polvo y un líquido.

Los constituyentes esenciales del polvo son el dióxido silicio (SiO_2), alúmina o trióxido de aluminio (Al_2O_3), fluoruro de calcio o fluorita (CaF_2), fluoruro de sodio (NaF), fluoruro de aluminio (AlF_3), criolita o sodio hexafluoroaluminato (Na_3AlF_6) y fosfato de aluminio (AlPO_4), que son mezclados y llevados a una temperatura de fusión entre 1.100 a 1.300° Celsius. La complejidad y estructura del polvo obtenido dependerá de los compuestos que se utilicen durante la mixtura. (Wilson AD, McLean JW 1998).

La mezcla obtenida es molida hasta lograr un polvo de partículas finas de 20.0 μm en los cementos usados para restauraciones y muy finas de 5.0 μm

en los CIV para cementaciones. (Wilson AD, McLean JW 1988; Katsuyama S, Ishikawa T, Fuji B 1993).

Los elementos químicos y la composición en porcentaje del primer cemento de ionómero de vidrio original G-200 es: SiO_2 30.1%; Al_2O_3 19.9%; AlF_3 2.6%; CaF_2 34.5%; NaF 3.7%; AlPO_4 10.0%. El fluoruro es un elemento químico esencial como constituyente de los CIV porque al bajar la temperatura de fusión incrementa la resistencia del cemento y su translucidez, otorgándole valores preventivos y terapéuticos anticariogénicos. (Wilson AD, McLean JW 1998).

El líquido de los primeros CIV estaba constituido por una solución acuosa de ácido poliacrílico, en cambio ahora es una solución acuosa de copolímeros de ácido poliacrílico más ácido itacónico, ácido maleico y ácido tartárico. La acidez presente en el líquido de los cementos de ionómero de vidrio les otorga una propiedad fundamental, que es la de ser autoacondicionantes, pudiendo activar y limpiar las estructuras y tejidos del diente, sin la necesidad de aplicar un ácido previo.

Cuando el polvo del CIV se mezcla con la solución acuosa de ácido polialquenoico, ácido poliacrílico (ácido 2-propenoico) y el ácido tartárico (acelera los procesos químicos y aumenta la resistencia física), se produce una reacción química ácido-base que genera una matriz de sales insolubles, (*hidrogel* y *gelación*) entre los vidrios de alúminosilicatos y el ácido carboxílico del cemento, donde el contenido en agua del CIV y de las estructuras del diente desempeña un papel fundamental. (Wilson AD, McLean JW 1988; Katsuyama S, Ishikawa T, Fuji B 1993; McLean JW 1992; Mount GJ 1999).

La evolución de los cementos de ionómeros de vidrio posibilita disponer de una variedad importante de productos, desde el CIV convencional hasta los modernos cementos de ionómeros de alta viscosidad. Entre ambos extremos existen una infinidad de combinaciones en su composición que contienen diferentes reacciones ácido-base para su endurecimiento y adhesión a esmalte, dentina y cemento. (Katsuyama S, Ishikawa T, Fuji B 1993; Wilson AD, McLean JW 1998; Mount GJ, Bryant RW 1999).

De acuerdo a los conocimientos actuales se los podría clasificar o categorizar en:

A) *Convencionales*: a) convencionales; b) alta viscosidad; c) remineralizantes.

B) *Modificados con resinas o híbridos:* a) fotopolimerizables; b) autopolimerizables; c) auto-fotopolimerizables y d) de triplecurado. (McLean JW et al 1992; Edelberg M 2010).

Los cementos de ionómeros de vidrio convencionales son materiales de muy fácil aplicación que presentan una excelente biocompatibilidad con el tejido pulpar, tienen bajo coeficiente de expansión térmica, autoacondicionamiento y autoadhesión a las estructuras dentales a través de una capa químico-micromecánica de interacción iónica, que posibilitan su utilización como relleno, sucedáneo de dentina y restaurador. Presentan como característica relevante su acción anticariogénica, antibacteriana y remineralizante por su alta liberación de fluoruros. Sin embargo, el cemento de ionómero de vidrio convencional, es susceptible a la contaminación por humedad y a la deshidratación durante el fraguado inicial, posteriormente; el cemento de ionómero de vidrio modificado con resina monomérica muestra una sensibilidad al agua de menor cuantía y su resistencia a la tracción y a la flexión es superior al CIV convencional. (Mount GJ 1989; Wilson AD, McLean JW 1998; McLean JW, Gasser O 1985, I y II; McLean JW, Nicholson JW, Wilson AD 1994; George L, Kandaswamy D 2015).

Los procedimientos restaurativos con los cementos de ionómeros de vidrio convencionales, de alta viscosidad o modificados con resinas, no requieren de técnicas complicadas y son de aplicación rápida, simple y efectiva.

Los cementos de ionómero de vidrio modificados con resina o CIVMR completan la reacción ácido-base de fraguado con una reacción de polimerización que se activa mediante irradiación lumínica. Empero, los resultados indican que la reacción ácido-base y la reacción de polimerización compiten y se inhiben entre sí, afectando la génesis de la reacción ácido-base. (Berzins DW et al 2010).

También los aspectos de biocompatibilidad de los cementos de ionómero de vidrio modificados con resina han sido puestos en duda, porque los estudios sobre respuestas pulpares y sobre cultivos celulares de fibroblastos de encía humana, han mostrado resultados muy contradictorios. (Sidhu SK, Schmalz G 2001; Lan WH et al 2003; Rodríguez IA et al 2013).

Algunos cementos de ionómeros de vidrio convencionales y de alta viscosidad no son ácido resistentes en el medio bucal y al tratamiento superficial con ácido fosfórico utilizado para el grabado de esmalte, por lo que éste por escurrimiento o por el agua de lavado, les ocasionaría microporos y/o

microgrietas que disminuirían su resistencia físico-mecánica. (Wilson AD, McLean JW 1988; Katsuyama S, Ishikawa T, Fui B 1993); por lo que en la actualidad se los recubre superficialmente con una resina monomérica con alta carga inorgánica nanométrica. Estos cementos son excelentes cuando son aplicados como selladores o protectores dentinopulpaes. (Uribe Echevarría LJ et al 2103a, 2013b, 2013c).

La incorporación al polvo de los CIV de aleación para amalgama, plata y otros metales los mejora en resistencia, pero disminuyen sus propiedades estéticas y sus mecanismos de autoadhesión.

En otros intentos se ha incorporado a los ionómeros por síntesis a altas temperaturas y sinterizado, hidroxiapatita, fluorapatita, fosfato tricálcico, nanobiocerámicas, vidrios de polialquenoatos, óxido de estroncio, óxido de zirconio, partículas esféricas obtenidas por inducción de radiofrecuencia, con resultados muy alentadores. (Burke F, Lynch E 1994; Sidhu SK, Watson TF 1995; Cüneyt Taş A, et al 1997; Kawano F et al 2001; Chou BY, Chang E 2002; Silva VV, Lameiras FS, Lobato ZI 2002; Chou BY, Chang E 2002; Gu YW, et al 2004; Gu YW, et al 2005; Diem VT et al 2014).

La incorporación a los ionómeros de hidroxilapatita, ha dado excelentes resultados que se traducen un aumento de su resistencia, estabilidad y biocompatibilidad. El óxido de zirconio anexado en el cuerpo o en partículas esféricas aumenta la estabilidad, la resistencia físico-mecánica y el módulo de Young. Resulta interesante actualmente la admisión al polvo de un 4.0 a un 12.0% en volumen de óxido de zirconio y de nanopartículas de vidrios, que hace que estos CIV presenten excelentes propiedades mecánicas, biocompatibilidad y bioactividad. (Chou BY, Chang E 2002; Gu YW et al 2005).

Los cementos ionómeros de vidrio de alta viscosidad (CIVAV), ofrecen una solución superior como material restaurador en el sector medio y posterior de la cavidad bucal. Surgieron, ante la necesidad de aplicación de un cemento de ionómero de vidrio que pueda usarse y resistir las fuerzas de oclusión funcional con un deterioro superficial mínimo, cuando se utilizan técnicas ART o Técnicas de Restauración Atraumática y de Intervención Mínima. Así, se desarrollan CIVAV que permiten un tiempo de trabajo adecuado en ambientes tropicales, con mayor resistencia compresiva, resistencia al desgaste y flexural, dureza superficial y mínima solubilidad, a través de la disminución nanométrica

del tamaño de las partículas de vidrio. (Frencken J et al 1998; Frencken J, Holmgren C 1999).

La adhesión de los CIV a la estructura dental posibilita lograr una menor eliminación de dentina sana o desmineralizada, remineralizando la dentina y ofreciendo además un sellado dentinopulpar eficiente.

Las interfaces adhesivas de los CIV son apropiadas para prevenir micro, nanofiltraciones y percolaciones y los iones de calcio, fósforo y fluoruro biodisponibles ayudan a aumentar la remineralización.

La reacción de solidificación del CIV es una reacción de ácido-base que ocurre entre el ácido poliacrílico y la base de vidrio (fluoruro-alúmino-silicato). El ácido como donante de protones ataca las partículas de vidrio o aceptante de protones, provocando la formación de sales insolubles y solubles que posibilitan la liberación de iones calcio, estroncio, aluminio y fluoruro.

Los iones de fluoruro pueden difundir y aportar propiedades anticariogénicas, por esto son indicados para todos los pacientes, pero especialmente en aquellos con mediano o alto riesgo de caries.

La adhesión de los CIV es la consecuencia de una capa química de intercambio iónico y micromecánica o polar entre la estructura del elemento dentario y el cemento de ionómero de vidrio. El ácido poliacrílico del CIV ataca la superficie de esmalte, dentina y cemento, liberando iones calcio y fosfato los cuales precipitan y se unen con los iones de calcio, fosfato y aluminio liberados desde el biomaterial ionomérico, formando una unión química entre ambos. Otra posibilidad es que se produzca la precipitación de sales de carboxilato insolubles alrededor de los cristales de apatita remanentes. (Tay FR et al 2001).

Los cementos de ionómeros de vidrio de alta viscosidad como EQUIA Fil GC Corporation, Japan, como material bioactivo sería una solución para las restauraciones estéticas directas de aplicación en bloque de ± 4.0 mm (bulk fill), en preparaciones cavitarias pequeñas, medianas y grandes de Clase 1, 2 y 5 del sector medio y posterior de la cavidad bucal, en técnicas de invasión mínima, fisurotomías, abrasiones, abfracciones y erosiones, no expuestas a un stress oclusal intenso; en los casos clínicos donde prevalecen topes de oclusión intensos o stress oclusal importante, se debería cubrir el cemento de ionómero de vidrio de alta viscosidad con una capa de 1.0, 1.5 o 2.0mm de resina compuesta nanohíbrida de alta densidad lo que habitualmente se denomina *técnica laminar o sandwich*.

Este razonamiento fue mencionado primariamente por McLean JW et al, 1985 y tenía como objetivo principal que un cemento de ionómero de vidrio fuera competente para absorber la fuerza generada sobre la pared cavitaria, pulpar o axial, producida por la contracción de polimerización de una resina compuesta polimérica, para así disminuir el factor C de configuración cavitaria o la relación que existe entre las áreas cavitarias adheridas respecto a las áreas libres o no adheridas de una restauración. Este fenómeno estaría directamente relacionado con la profundidad y extensión de la cavidad, porque este tipo de preparaciones necesita una mayor cantidad de resina compuesta para obturarla y consiguientemente la contracción de polimerización es mayor; el agregado de un cemento de ionómero de vidrio en el piso o fondo cavitario disminuiría el volumen de resina compuesta y por ende la contracción de polimerización. (Croll TP 2004; Berg JH, Croll TP 2015).

La técnica laminar utiliza dos biomateriales restauradores directos para obtener el máximo beneficio biológico, físico y estético de las propiedades de cada material. Estas propiedades sumadas a la adhesión, se utilizan para lograr un modelo monolítico en la reconstrucción de un elemento dentario.

Un cemento de ionómero de vidrio convencional de alta viscosidad, biocompatible y con elevada liberación de fluoruro es empleado para sellar dentina y cuando ha solidificado completamente, se recubre en la superficie con una resina compuesta de alta densidad nanoparticulada. Cuando una resina compuesta se coloca sobre un Ionómero de vidrio convencional, el CIV y el esmalte se deberían acondicionar con ácido fosfórico en alta concentración antes de la colocación del adhesivo monomérico y del sistema resinoso compuesto.

Si una resina compuesta nanohíbrida está siendo emplazada sobre un ionómero de vidrio modificado con resina, no es necesario acondicionar el ionómero de vidrio, debido a la unión química-micromecánica que proporcionan los monómeros hidrófilos, entre los biomateriales. (McLean JW 1992; Mount GJ, Papageorgiou A, Makinson OF 1992; Lidums A, Wilkie R, Smales R 1993; van Dijken JW, Kieri C, Carlén M 1999; Lindberg A, van Dijken JW, Lindberg M 2003; Mount GJ, Hume WR 2005; Lindberg A, van Dijken JW, Lindberg M. 2007; Francisconi LF et al 2009).

Las incógnitas que se presentan con éste nuevo cemento de ionómero de vidrio de alta viscosidad para restauración, programado para su aplicación en

bloque de $\pm 4.0\text{mm}$ y las dudas sobre su comportamiento en la adhesión y sellado cavitario, en preparaciones cavitarias profundas y extensas de Clase 1, llevó a la realización de este trabajo con la finalidad de investigar su estructura y composición química, su interface adhesiva o cohesiva a las paredes cavitarias, la acción del ácido fosfórico en alta concentración sobre su superficie y su unión a las resinas compuestas de restauración a través de *la técnica laminar o sándwich*, comparado con otros cementos de ionómero de vidrio convencionales, de alta viscosidad y modificados con resina, utilizando Confocal Laser Scanning Microscope por Reflexión, CLSMR OLS4000 3D LEXT y Microscopio Electrónico de Barrido de Emisión de Campo, FEG SEM con Difracción de Rayos X, EDS. (LAMARX Universidad Nacional de Córdoba).

HIPÓTESIS

Los cementos de ionómero de vidrio de alta viscosidad para restauración, programados para su aplicación en bloque aumentarían la adhesión y el sellado cavitario, en preparaciones cavitarias profundas y extensas de Clase 1, restauradas por técnica laminar o sandwich.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Es propósito de esta investigación analizar las incógnitas que se presentan con los cementos de ionómero de vidrio de alta viscosidad y compararlos con los cementos de ionómero de vidrio convencionales y modificados con resina para restauraciones, respecto a la adhesión-adaptación a las paredes cavitarias, la estructura y composición química, la acción del ácido fosfórico al 34.5% y la unión a las resinas compuestas de restauración a través de la técnica Laminar o sandwich.

OBJETIVO ESPECÍFICOS

- a) Comparar las interfaces de adhesión a la pared pulpar cavitaria de los cementos de ionómero de vidrio de alta viscosidad, con los cementos de ionómero de vidrio convencionales y los modificados con resina.
- b) Determinar la estructura y composición química de los cementos de ionómero de vidrio convencionales y de alta viscosidad con los cementos de ionómeros de vidrio modificados con resina.
- c) Evaluar la acción del ácido fosfórico sobre los cementos de ionómero de vidrio convencionales, de alta viscosidad y los cementos de ionómeros de vidrio modificados con resina.
- d) Analizar la unión entre los adhesivos autoacondicionantes y las resinas compuestas de restauración aplicadas sobre los cementos de ionómero de vidrio convencionales, de alta viscosidad y modificados con resina, utilizados en la técnica laminar o sandwich.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron 36 terceros molares humanos extraídos por razones ortodóncicas y periodontales, procedentes del acopio de dientes de la Cátedra de Cirugía III de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional de Córdoba, que cuentan con el correspondiente consentimiento informado de los respectivos pacientes, para ser utilizados en experimentaciones, a los que se les efectuó la fractura de los ápices radiculares mediante una cizalla para la rápida penetración del fijador y posteriormente fueron almacenados hasta su utilización en una solución de formaldehído neutro al 7.0%.

Los dientes fueron introducidos en tubos de acero inoxidable estandarizados e incluidos en silicona de alta densidad (Speedex Putty, lote pf0331, Coltène/Whaledent, Suisse); este procedimiento posibilitó posicionar y horizontalizar la cara oclusal a través de un Estandarizador de Posición y Altura Oclusal, ideado, diseñado y realizado especialmente para esta investigación. (Uribe Echevarría LJ, Echevarría AG, Uribe Echevarría J 2015). (**Figuras 1, 2, 3, 4, 5, 6**).

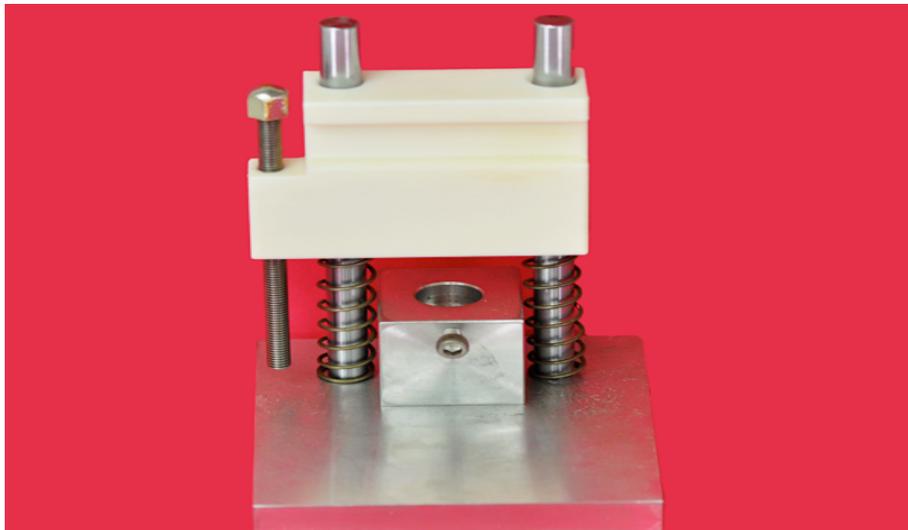


Figura 1: Estandarizador de Posición y Altura Oclusal, ideado, diseñado y realizado especialmente para esta investigación, que posibilitó posicionar y horizontalizar la cara oclusal.

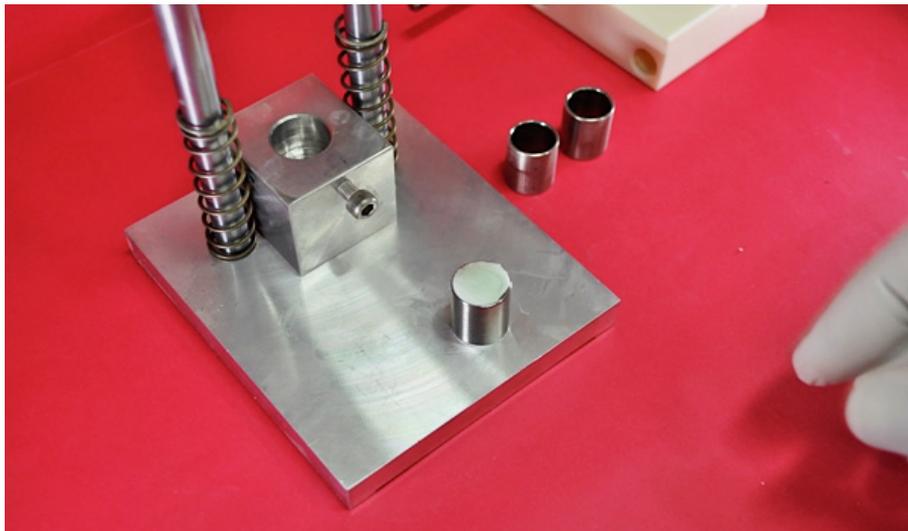


Figura 2: Los dientes fueron introducidos e incluidos en silicona de alta densidad en tubos de acero inoxidable estandarizados para posteriormente ser llevados al Estandarizador de Posición y Altura Oclusal.

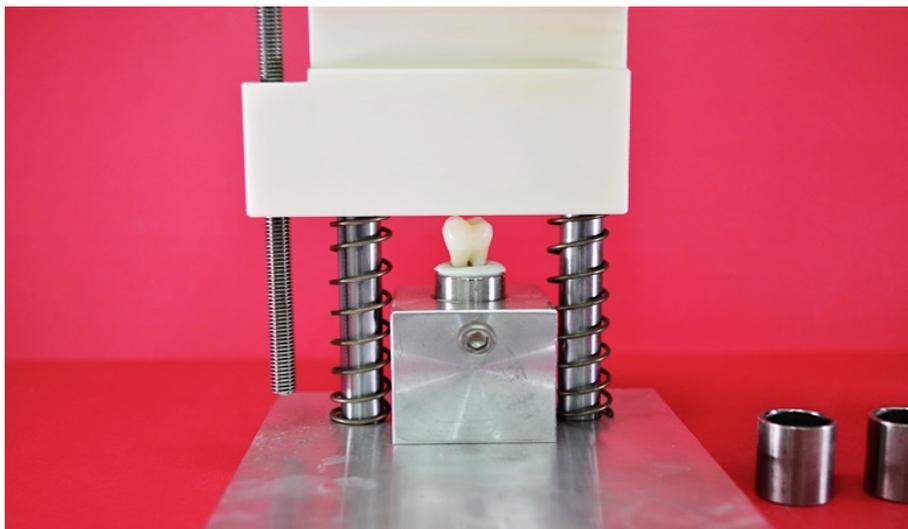


Figura 3: Posicionamiento de un elemento dentario en el Estandarizador de Posición y Altura Oclusal.

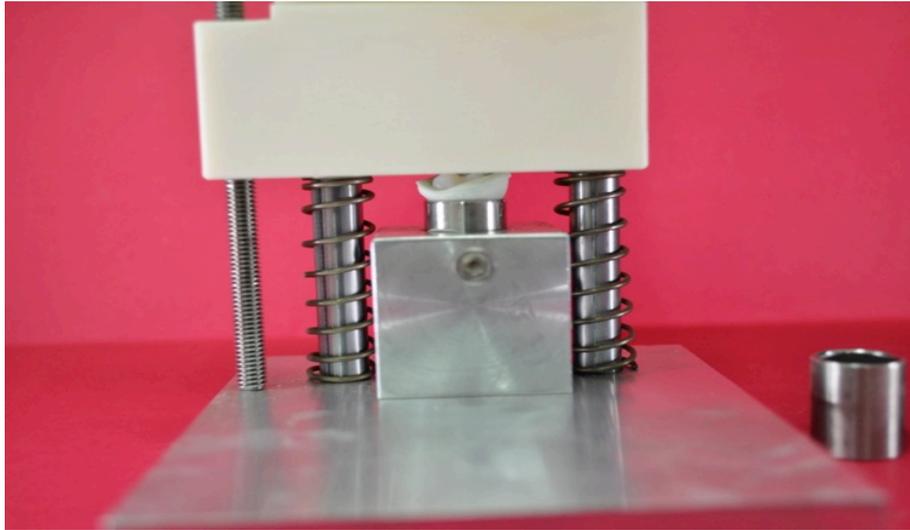


Figura 4: Estandarizador de Posición y Altura Oclusal, realizando el posicionamiento horizontal espacial de la cara oclusal de los dientes.

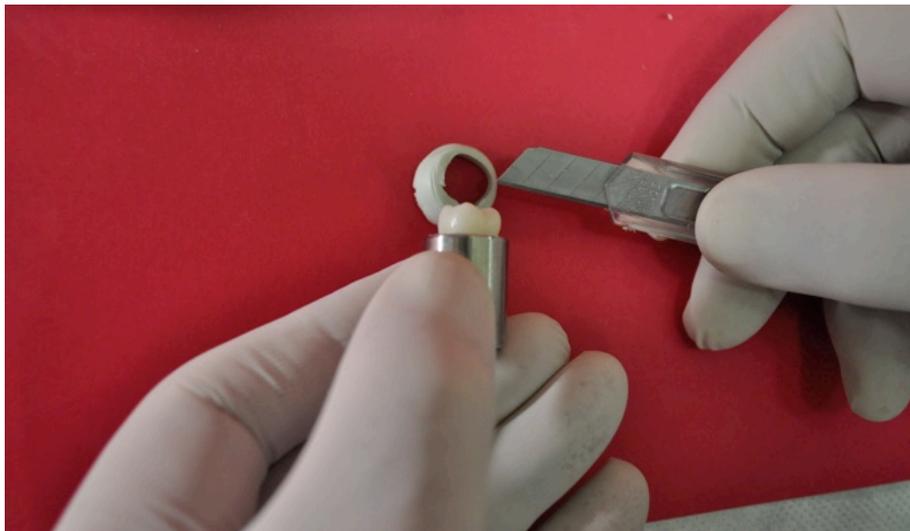


Figura 5: Realizado el posicionamiento horizontal, se recorta la silicona alrededor de los dientes incluidos en los tubos de acero inoxidable.

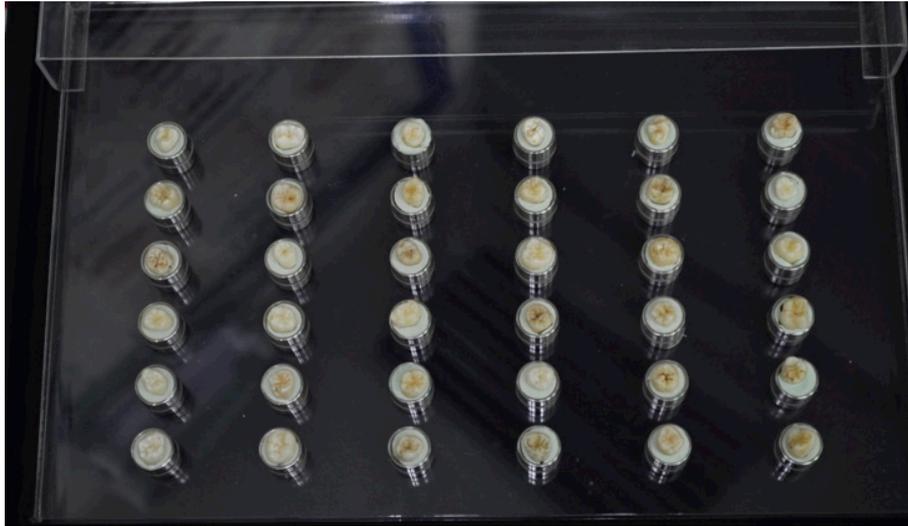


Figura 6: Todos los dientes incluidos en los tubos de acero inoxidable fueron guardados hasta su utilización en un recipiente hermético con atmósfera de 100% de humedad.

En cada uno de los dientes se prepararon cavidades de Clase 1 oclusales simples en forma de ranura, con una profundidad de 4mm, un diámetro mesio-distal de 4mm y un diámetro buco-lingual de 3mm, para lo cual se utilizó un Estandarizador de Preparaciones Cavitarias creado, diseñado y realizado especialmente para esta investigación. (Figuras 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15).



Figura 7: Estandarizador de Preparaciones Cavitarias creado, diseñado y realizado especialmente para esta investigación, donde se insertaron los dientes con los tubos de acero inoxidable. En cada uno de los dientes se prepararon cavidades estandarizadas de Clase 1 oclusales simples en forma de ranura, con una profundidad de 4mm, un diámetro mesio-distal de 4mm y un diámetro buco-lingual de 3mm.

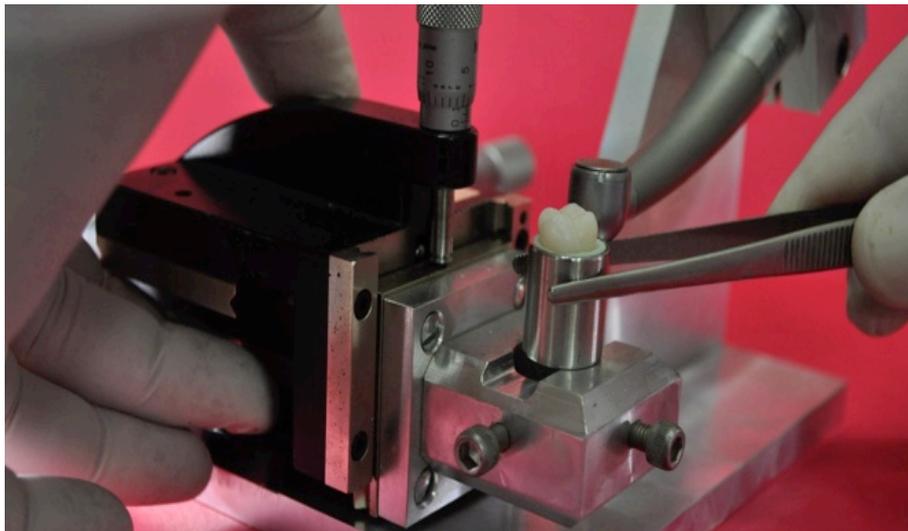


Figura 8: *Inserción de los dientes con sus tubos de acero inoxidable en el Estandarizador de Preparaciones Cavitarias.*



Figura 9: *Mesa de soporte de los dientes del Estandarizador de Preparaciones Cavitarias, con la piedra diamantada y la turbina de ultra-alta velocidad en posición de trabajo para el tallado de las preparaciones cavitarias.*

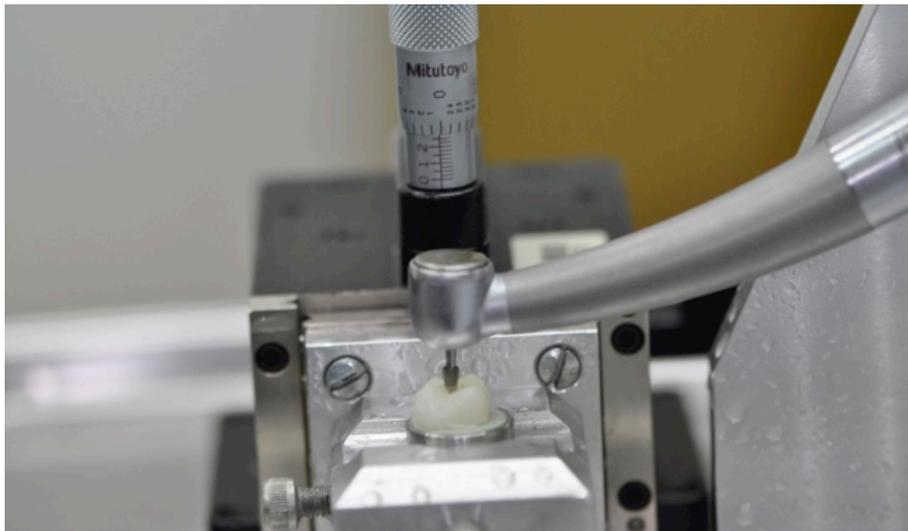


Figura 10: Los dientes insertados en el Estandarizador de Preparaciones Cavitarias, con la piedra diamantada y la turbina de ultra-alta velocidad efectuando el tallado de las preparaciones cavitarias a través de los movimientos micrométricos de los tornillos Mitutoyo.

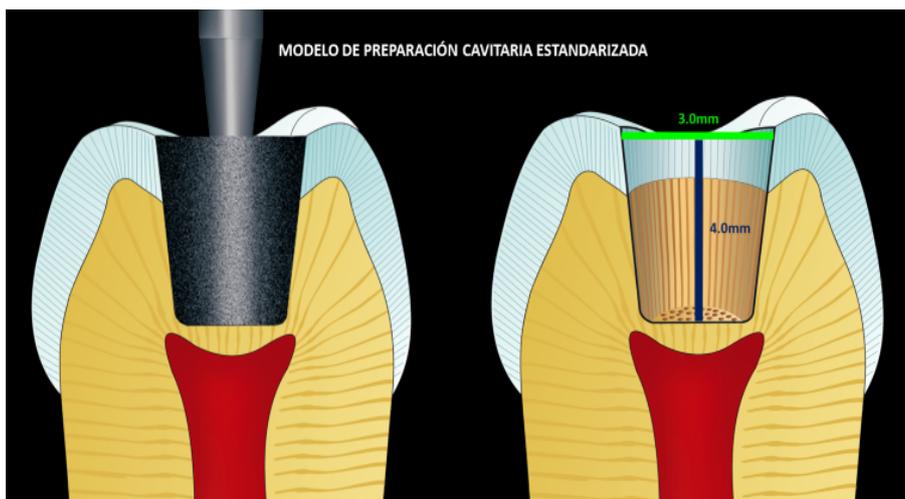


Figura 11: Dibujo esquemático del modelo de preparación cavitaria estandarizada con una profundidad de 4mm, un diámetro mesio-distal de 4mm y un diámetro buco-lingual de 3mm, realizados con Piedra Piraña Diamond 845 KR-025C (SS-White, USA), accionada con turbina de ultra-alta velocidad y bajo intensa refrigeración acuosa KaVo SUPERtorque LUX 655 B, Germany).

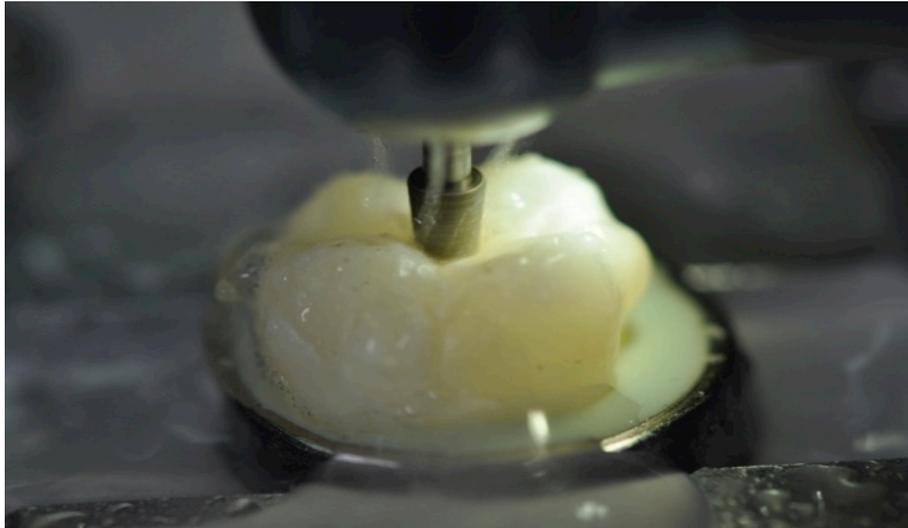


Figura 12: Piedra diamantada con la turbina de ultra-alta velocidad realizando el tallado de las preparaciones cavitarias con alta refrigeración acuosa.

El dispositivo consta de una mesa micrométrica 3D de precisión (Mitutoyo, Japan), con tres tornillos que posibilitan realizar movimientos tridimensionales en los tres ejes del espacio, X, Y y Z. Los tornillos micrométricos efectúan sus movimientos con un paso de 10.0 micrómetros, lo que permitió realizar tallados estandarizados y de alta precisión.

Asimismo, consta de una platina que fija y aloja los tubos de acero inoxidable que contienen los dientes incluidos en silicona pesada. La turbina de ultra-alta velocidad se encuentra sostenida por un brazo diseñado especialmente que permite variar su posición en altura y en forma angular.

Las 36 preparaciones cavitarias fueron talladas imitando su realización clínica, con una Piedra Piraña Diamond 845 KR-025C (SS-White, USA), accionada con turbina de ultra-alta velocidad y bajo intensa refrigeración acuosa KaVo SUPERtorque LUX 655 B, Germany).

Todas las preparaciones fueron realizadas en una sola sesión y por un mismo operador imitando su realización clínica.

Posteriormente los dientes randomizados en seis grupos (1, 2, 3, 4, 5 y 6), de 6 elementos dentarios cada uno, fueron obturados hasta la unión amelodentinaria con:

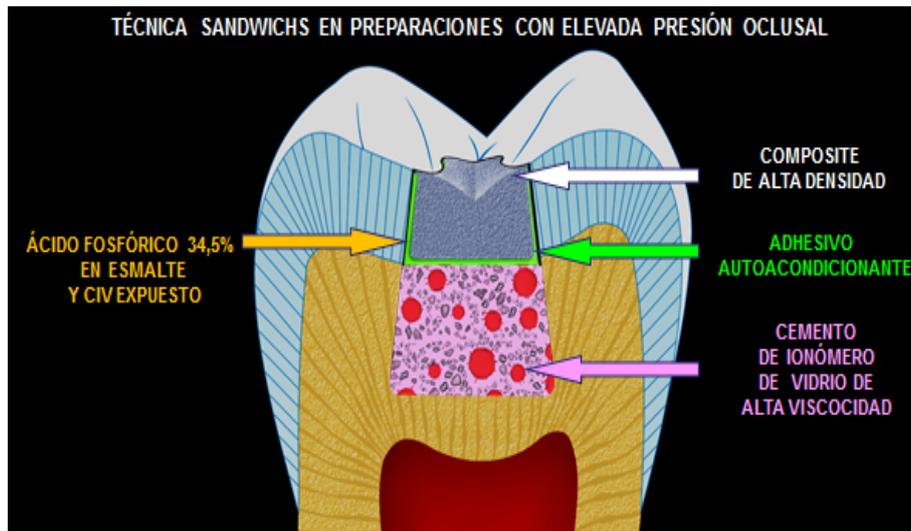


Figura 13: Dibujo esquemático del modelo de preparación cavitaria estandarizada para restaurar por Técnica Sandwich, con la aplicación de los distintos procedimientos y biomateriales utilizados.

GRUPOS	BIOMATERIALES	ENDURECIMIENTO	ESTRUCURA	NÚMERO DE LOTE
Grupo 1	GC Fuji Lining LC	Fotopolimerizable	Hibrido	(Lote 1112141)
Grupo 2	Vitremer	Triple curado	Hibrido	(Lote VKA31206/1)
Grupo 3	EQUIA Fil	Fraguado	Alta Viscosidad	(Lote 1303081)
Grupo 4	Ketac Molar Easymix	Fraguado	Alta Viscosidad	(Lote 460358)
Grupo 5	Ionofil Molar	Fraguado	Alta Viscosidad	(Lote 1034448)
Grupo 6	GC Gold Label 9	Fraguado	Convencional	(Lote 1301071)

Figura 14: Tabla que incluye: los grupos, los biomateriales, el proceso de endurecimiento, tipo de estructura y número de lote de los materiales utilizados en este estudio.



Figura 15: Recipiente con atmósfera de 100% de humedad, donde los dientes fueron randomizados en seis grupos (1, 2, 3, 4, 5 y 6), de 6 elementos dentarios cada uno.

Grupo 1: GC Fuji Lining LC (grupo control)

Las preparaciones cavitarias fueron obturadas hasta la unión amelodentinaria con GC Fuji Lining LC (Lote 1112141, GC Corporation, Japan). El material fue fotopolimerizado por 20 segundos con lámpara LED Celalux 2 (VOCO GmbH, Germany), con un poder, de emisión de 800W/cm². **(Figura 16).**



Figura 16: Cemento de ionomer de vidrio GC Fuji Lining LC (GC Corporation, Japan), que fue aplicado y fotopolimerizado en las preparaciones cavitarias del Grupo 1.

Grupo 2: Vitremer

Las preparaciones cavitarias fueron obturadas con un cemento de ionómero de vidrio modificado con resinas para restauraciones con tecnología patentada de triple curado, Vitremer (Lote VKA31206/1, 3M-ESPE). **(Figura 17).**

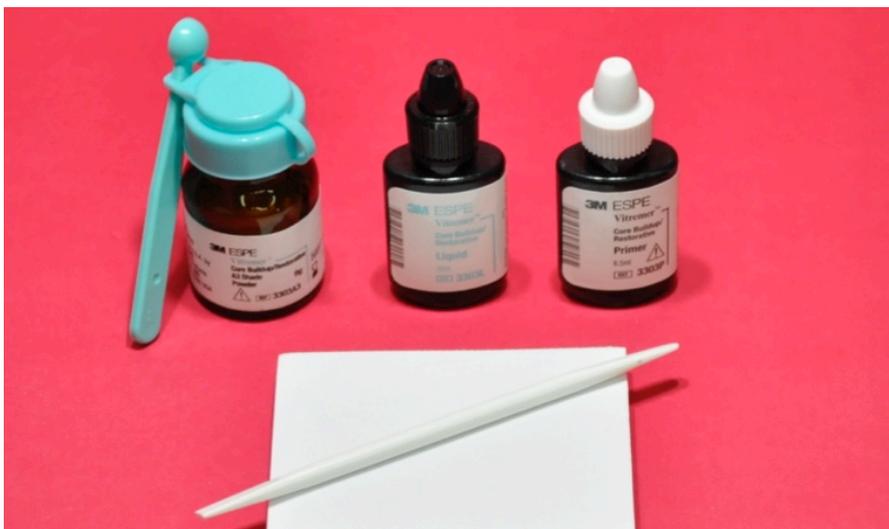


Figura 17: Avío del cemento de ionómero de vidrio para restauraciones Grupo 2, con tecnología patentada de triple polimerización, Vitremer (3M-ESPE, USA).

Grupo 3: EQUIA Fil

Las preparaciones cavitarias fueron obturadas con el cemento de ionómero de vidrio convencional de alta viscosidad EQUIA Fil, color A3, (Lote 1303081, GC Corporation, Japan), que es presentado en cápsulas predosificadas, que fueron ubicadas en un mezclador de alta velocidad computarizado (Automix, Kerr Co, USA), por un lapso de 8 segundos a 6.000rpm; la cápsula tomada del amalgamador fue ubicada en el GC Capsule Applier y presionada para inyectar en bloque en las preparaciones cavitarias de cada uno de los elementos dentarios utilizados.

La metodología de preparación que ofrece este CIVAV es esencial, ya que la gran mayoría de los CIV actuales se mezclan manualmente, lo que resulta en una combinación polvo-líquido débil por la incorporación de porosidad. Con el sistema de preparación y administración que se describe, el biomaterial se mezcla e inyecta directamente en la preparación, lo que disminuye la incorporación de poros de aire que son perjudiciales, por reducir la resistencia físico-mecánica del cemento de ionómero de vidrio. El método de mezcla tiene un efecto significativo en la porosidad, detectándose mayores burbujas en los CIV mezclados a mano que en los mezclados mecánicamente. (Nomoto et al 2004; Margeas RC et al 2011). **(Figuras 18, 19).**



Figura 18: Las preparaciones cavitarias del Grupo 3 fueron obturadas con EQUIA Fil, color A3, (GC Corporation, Japan), en cápsulas predosificadas. Obsérvese la cápsula de EQUIA Fil, la prensa GC Capsule Applier y el GC Fuji COAT LC.



Figura 19: Para la preparación de este biomaterial se siguió el siguiente procedimiento: a) La cápsula se agita para homogenizar el polvo; b) Se presiona el embolo hasta que quede a nivel de la cápsula; c) Se coloca la cápsula en el GC Capsule Applier y se presiona la palanca una sola vez; d) La cápsula está totalmente activada; e) Quitar la cápsula del aplicador e instalarla en un mezclador mecánico Automix Computerized Mixing System (Kerr Co. USA); f) Mezclar por un lapso de 8 segundos a ultra alta velocidad de 4.000 a 6.000 rpm; g) Quitar la cápsula del amalgamador y ubicarla en el GC Capsule Applier y presionar para inyectar el EQUIA en la preparación cavitaria.

Grupo 4: Ketac Molar Easymix

Las preparaciones cavitarias fueron obturadas hasta la unión amelodentinaria con Ketac Molar Easymix (Lote 460358, 3M-ESPE, Germany), cemento de ionómero de vidrio convencional de alta viscosidad. (**Figura 20**).



Figura 20: Las preparaciones cavitarias del grupo 4, fueron obturadas con Ketac Molar Easymix (3M-ESPE, Germany).

Grupo 5: Ionofil Molar

Las preparaciones cavitarias fueron obturadas con el cemento de ionómero de vidrio de alta viscosidad, Ionofil Molar (Lote 1034448, VOCO GmbH, Germany), (**Figura 21**).



Figura 21: Avío del cemento de ionómero de vidrio VOCO Ionofil Molar (VOCO GmbH), perteneciente al Grupo 5.

Grupo 6: GC Gold Label 9

Las preparaciones cavitarias fueron obturadas hasta la unión amelodentinaria con el cemento de ionómero de vidrio de convencional GC Gold Label 9 (Lote 1301071, GC Corporation, Japan), (**Figuras 22**).



Figura 22: Las preparaciones cavitarias del Grupo 6, fueron obturadas con GC Gold Label 9 (GC Corporation, Japan).

En todos los grupos los materiales fueron preparados siguiendo las indicaciones de los respectivos fabricantes.

Las obturaciones, fueron efectuadas en todos los dientes hasta la unión amelodentinaria, para posibilitar el acondicionamiento adamantino con ácido fosfórico al 34.5% (Lote 1033190, VOCO GmbH, Germany).

El ácido fosfórico fue aplicado en todos los grupos sobre esmalte y la superficie expuesta de los cementos de ionómero de vidrio, convencionales, de alta viscosidad y modificados con resina, durante un lapso de 15.0 segundos, para posteriormente lavar con agua presurizada por 5 segundos y secar con aire frío y deshumidificado por 5 segundos. (**Figura 23**).



Figura 23: Jeringa con ácido fosfórico al 34.5% (VOCO GmbH, Germany) y G-BOND adhesivo hidrófilo autograbante (GC Corporation, Japan).

Cinco elementos de cada grupo fueron posteriormente acondicionados por frotado con un microbrush durante 30 segundos, con el adhesivo hidrófilo autograbante G-Bond (One Component Self-Etching Light-Cured Adhesive GC Corporation, Japan), aireado para evaporar el solvente con aire frío deshumidificado por 5 segundos y fotopolimerizado por 20 segundos con lámpara LED Celalux 2 (VOCO GmbH, Germany), con un rango de emisión de 800mW/cm².

Posteriormente, las preparaciones fueron obturadas con GC SOLARE X, Light-Cured Radiopaque Restorative Nanohibride (Lote 1307231, GC Corporation, Japan), color A3.5, en una sola capa de ± 2.0 mm que fue empaquetada con el instrumento CSHGrenn (G.Hartzell & Son USA); el composite fue fotopolimerizado desde oclusal por 30 segundos con lámpara LED

Celalux 2 (VOCO GmbH, Germany), con un rango de emisión de 800mW/cm².
(Figura 24).



Figura 24: Las preparaciones fueron obturadas con GC SOLARE X, Light-Cured Radiopaque Restaurative Nanohibride (Lote 1307231, GC Corporation, Japan), color A3.5, en una sola capa de ± 2.0 mm que fue empaquetada con el instrumento CSHGrenn (G.Hartzell & Son USA).

Un diente de cada grupo (sexto elemento), que fue grabado con ácido fosfórico al 34.5% (Lote 1033190, VOCO GmbH, Germany), no fue obturado con sistema adhesivo y sistema resinoso compuesto nanohíbrido, para poder evaluar con Confocal Laser Scanning Microscope la acción beneficiosa o perjudicial del ácido fosfórico sobre la superficie de los distintos cementos de ionómero de vidrio investigados.

Todos los dientes así preparados fueron cortados en sentido buco-lingual, en tres láminas de 500 μ m con Isomet 1000 (Buehler Co. USA), con profusa refrigeración acuosa, con una presión sobre el corte de 100g y una velocidad 500rpm; posteriormente se efectuó un pulido fino con discos de carburo de silicio de granulometría decreciente de 120 a 600 y un pulido extrafino con paños rotatorios impregnados con partículas de diamante de 0,5 μ m (Buehler Co. USA), a través de una pulidora metalográfica Praxis 01 (Praxis SA, Argentina). Esta metodología posibilita cortar y pulir los elementos dentarios en láminas de espesores semejantes en micrómetros, evitando la aparición por deshidratación de fracturas y microfisuras en biomateriales que como los CIV son muy sensibles a la pérdida de humedad. (Figuras 25, 26, 27).

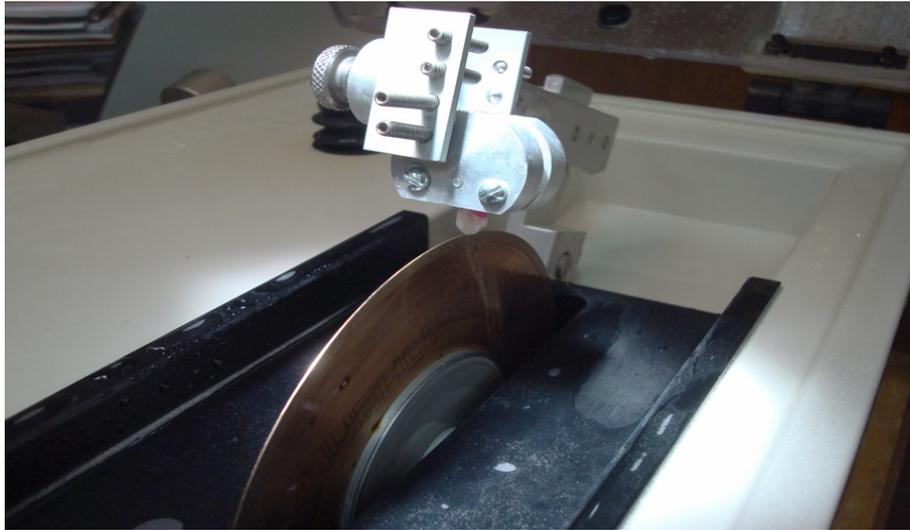


Figura 25: Disco de diamante de borde cortante del micrótopo para tejidos duros con cuchilla rotatoria Isomet 1000 (Buehler Co. USA). Nótese el agrafe para sostén de las muestras que posibilita el corte sin inclusión en resina polimérica o epóxica.

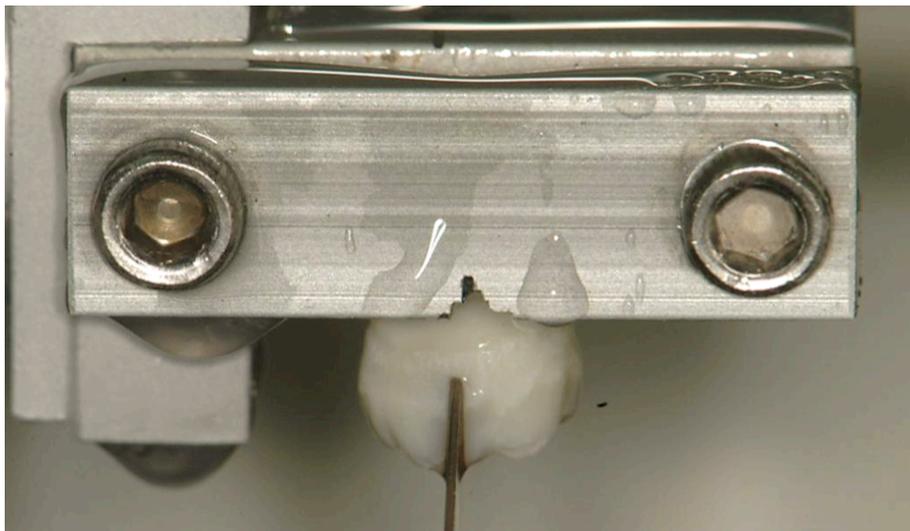


Figura 26: Corte de un elemento dentario con Isomet 1000 (Buehler Co. USA), con profusa refrigeración acuosa, una presión sobre el corte de 100g y una velocidad 500rpm.



Figura 27: Corte buco-lingual de 500µm en un elemento dentario restaurado con EQUIA Fil y Solare X realizada con Isomet 1000 (Buehler Co., USA), con profusa refrigeración acuosa, una presión sobre el corte de 100g y una velocidad 500rpm.

Los cortes fueron sumergidos en una solución de fluoróforo Rhodamina B (Sigma-Aldrich Inc. USA), metodología implementada para poder visualizar las estructuras y biomateriales utilizados. Posteriormente los dientes fueron observados mediante Microscopía Laser Confocal de Barrido por Reflexión, OLS4000 3D LEXT. (LAMARX, Universidad Nacional de Córdoba). (**Figura 28**).

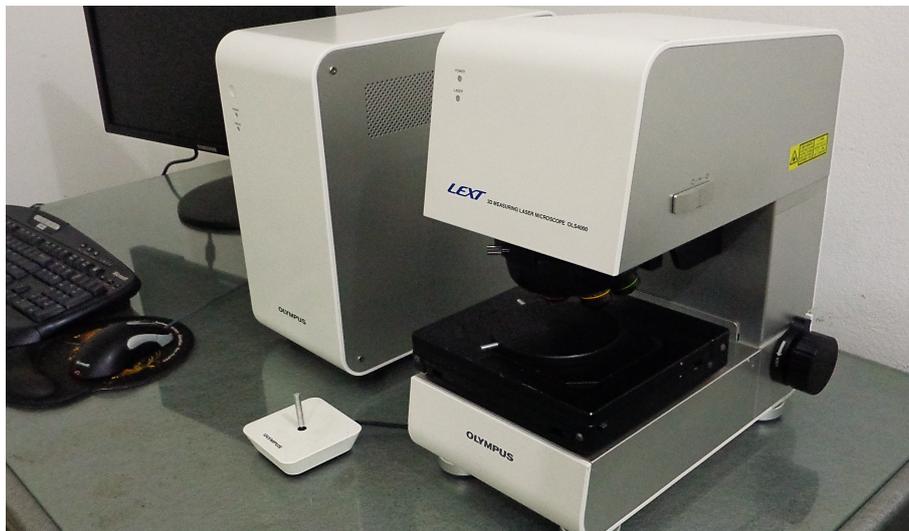


Figura 28: Microscopio Confocal Laser de Barrido por Reflexión. OLS4000 3D LEXT. Olympus. Japan. (LAMARX Universidad Nacional de Córdoba. Argentina).

La adhesión de los cementos de ionómeros vítreos al sustrato dentinario fue valorada en todos los elementos dentarios mediante la medición de las interfaces entre el biomaterial y la pared pulpar, visualizando la presencia

de hiatos de desadaptación, fracturas adhesivas o cohesivas para lo cual fueron registradas 5 mediciones en cada una de las paredes cavitarias pulpares de todos los dientes.

Las imágenes obtenidas fueron procesadas con analizador de imágenes LEXT Olympus (Japan), los valores obtenidos se tabularon y fueron sometidos a análisis estadístico de varianza (ANOVA) y a la prueba de múltiple comparación Bonferroni-Levene.

Concluido este estudio no destructivo, dos dientes de cada grupo fueron randomizados y metalizados en el Metalizador Quorum Q150T ES, Turbo-Pumped Sputter Coater/Carbon Coater (Quorum Technologies Ltd, England), con una capa de carbono de $0.02\mu\text{m}$ depositada por vaporización de grafito. Las muestras fueron observadas y evaluadas con Microscopio Electrónico de Barrido de Emisión de Campo FEG SEM (Zeiss Sigma, Germany). El análisis químico se efectuó a través de imágenes y diagramas de composición con EDS y fueron analizados con el Software AZtec 3.0 (Oxford Instruments NanoAnalysis, England). (LAMARX Universidad Nacional de Córdoba) (**Figuras 29, 30**).

Las muestras obtenidas y procesadas serán conservadas en hipoclorito de sodio al 2.5% durante 10 años, para posteriormente recién ser descartadas como residuos patógenos.



Figura 29: Microscopio Electrónico de Barrido de Emisión de Campo FEG SEM con EDS. LAMARX UNC.



Figura 30: Cañón y Detectores del Microscopio Electrónico de Barrido de Emisión de Campo FEG SEM, (Zeiss, Germany), LAMARX Universidad Nacional de Córdoba.

A) INTERFACES DE ADHESIÓN A DENTINA DE LOS CEMENTOS DE IONÓMERO DE VIDRIO CONVENCIONALES, DE ALTA VISCOSIDAD Y MODIFICADOS CON RESINAS

Para realizar estos estudios se incluyeron dos metodologías microscópicas de evaluación totalmente distintas: a) Microscopía Confocal Laser de Barrido por Reflexión OLS4000 3D LEXT (Olympus, Japan) y b) Microscopía Electrónica de Barrido por Emisión de Campo FEG SEM con EDS (Zeiss Sigma, Germany).

a) *Microscopía Confocal Laser de Barrido por Reflexión* es una metodología no destructiva para el estudio de biomateriales opacos, rígidos, sólidos, consistentes, compactos, semiduros y blandos, sin tratamiento previo de la muestra y que utiliza fotones. Las muestras a visualizar no requieren de tratamiento previo por lo que representa una perspectiva muy atractiva de utilizar en materiales cuyo procesamiento afecta directamente el parámetro que se pretende analizar.

El confocal por reflexión emplea un laser de corta longitud de onda (405nm), que combinado con precisos movimientos motorizados de barrido del objetivo y de la eliminación mecánica de la luz proveniente de planos desenfocados, posibilita obtener imágenes de alta resolución con selección de la profundidad o espesor de la muestra; se puede utilizar también como perfilómetro óptico sin contacto y con elevada resolución.

La llave del CLSMR consiste en la posibilidad de adquirir en foco imágenes con selección de la profundidad dentro de la muestra y reconstruirlas en bidimensión o tridimensión. (Mas C et al 2013).

Un CLSMR permite ver la tipología del espesor de la muestra y de la interfaz del diente con el cemento ionomérico, bajo condiciones ambientales normales sin interrumpir la morfología interfásica. Esto es especialmente útil para el estudio de la interacción de los cementos de ionómero de vidrio con la superficie de la dentina, que es muy sensible a la deshidratación. (George L, Kandaswamy D 2015).

La visualización de muestras opacas se logra usando barrido fotónico de la superficie a través de la incidencia de un láser por reflexión. (Mas C et al,

2013). El Laboratorio LAMARX de la Universidad Nacional de Córdoba cuenta con un Confocal Laser Microscopio por Reflexión OLS 3D LEXT4000 de Olympus, Japan, que fue utilizado en estas investigaciones.

La Microscopía Confocal Laser de Barrido por Reflexión, posibilita observar y cuantificar las muestras sin vacío, metalización u otro tratamiento por lo que las interfaces se encuentra intactas, sin distorsiones y los resultados son válidos.

b) *Microscopía Electrónica de Barrido por Emisión de Campo FEG SEM con EDS*, esta metodología necesita que las muestras sean cubiertas con un agente conductor del rayo electrónico a través de la metalización de su superficie con oro, oro-paladio, cobre o carbono dependiendo de lo que se pretende visualizar o evaluar.

Posteriormente la muestra es introducida en el microscopio y sometida a alto vacío (FEG SEM, 1×10^{-7} hasta 1×10^{-9}), para su observación. Este vacío se logra mediante bombas iónicas para el cañón y con bombas de flujo molecular para la cámara donde están alojadas las muestras.

En el microscopio electrónico de barrido (SEM), el haz de electrones, atraviesa la columna llegando a la muestra y un generador de barrido es el responsable de producir el movimiento del haz en la muestra de un punto a otro.

De la interacción entre los electrones incidentes con los átomos que componen la muestra se generan señales, las cuales pueden ser captadas con detectores específicos para cada una de ellas que las convierte en una información digital o que es proyectada en una pantalla.

En el volumen de excitación primaria, ocurren interacciones que generan señales tales como: *electrones secundarios*, *electrones retrodifundidos*, *rayos x característicos*, *electrones Auger* y *catodoluminiscencia*.

Así, los electrones *secundarios*, son emitidos desde la muestra como consecuencia de las ionizaciones surgidas de las interacciones inelásticas. Poseen baja energía (50ev) y brindan una imagen de la morfología superficial de la muestra.

Los *electrones retrodifundidos*, provienen de las interacciones elásticas y tienen alta energía similar a la del haz incidente, pudiendo interactuar con los átomos de la muestra para generar electrones secundarios y otros tipos de señales; estos electrones son empleados para obtener imágenes de contraste químico.

Rayos X característicos, este tipo de señal se produce cuando un electrón de una órbita interna de un átomo es desalojado por un electrón del haz incidente y la vacancia es completada con un electrón de un orbital más externo. En este salto el exceso de energía es liberado en forma de radiación electromagnética o rayos X. (Newbury D et al 2003; Lozano Sorrivias V et al, 2014).

Si se utiliza en una investigación Microscopía Electrónica de Barrido, sin desecar previamente las muestras con punto crítico, la metalización de los especímenes y el alto vacío al que se exponen las muestras, deforman, fracturan y despegan las interfaces, haciendo que los resultados obtenidos no tengan valor alguno.

Para realizar estos estudios de interfaces se utilizó como elemento de evaluación la Microscopía Confocal Laser de Barrido por Reflexión o OLS4000 3D LEXT, Olympus, Japan, siendo registradas en micrómetros las interfaces en dentina nivel de la pared pulpar cavitaria, constatando la presencia de hiatos, desadaptaciones o interfaces abiertas por fracturas adhesivas y/o cohesivas, como así también el sellado de los túbulos dentinarios.

Realizados todos estos procedimientos y cuantificaciones, los valores obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza ANOVA y a la prueba de múltiple comparación de Bonferroni-Levene. Mediante este análisis se reemplaza a los tests múltiples t, por un solo test F, que se realizó usando el procesador estadístico Origin 7.1 (Softonic, England). (**Figuras 31, 32, 33**).

Con la aplicación de estas tecnologías se pudieron determinar los siguientes resultados:

RESULTADOS

VALORES ESTADÍSTICOS DE LAS INTERFACES DE ADAPTACIÓN A DENTINA DE LOS CEMENTOS DE IONÓMERO DE VIDRIO CONVENCIONALES, DE ALTA VISCOSIDAD Y MODIFICADOS CON RESINAS

MUESTRAS	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6
M1	9,43	2,51	0,57	4,40	40,38	2,51
M2	8,80	6,29	1,14	1,25	8,17	2,51
M3	5,66	11,95	1,14	1,25	9,43	0,62
M4	6,92	8,17	1,14	2,51	7,55	1,88
M5	8,80	5,04	0,57	1,25	6,92	3,77
M6	18,24	22,65	3,77	16,35	32,71	3,14
M7	16,35	19,50	3,77	11,95	36,49	1,88
M8	20,13	22,65	4,40	20,13	47,81	1,88
M9	19,50	22,02	2,51	8,80	49,70	0,62
M10	20,13	21,43	1,88	40,34	57,88	0,62
M11	3,77	19,50	1,89	12,58	8,02	13,21
M12	2,51	35,23	3,77	5,03	6,89	9,43
M13	2,51	37,12	5,03	11,32	5,56	11,95
M14	1,88	36,49	4,40	12,58	3,45	11,95
M15	0,62	32,15	1,88	2,51	4,56	8,17
M16	7,55	3,77	1,88	2,51	25,16	6,29
M17	10,06	0,62	1,88	2,51	28,94	4,40
M18	11,32	0,62	1,25	1,88	7,55	5,03
M19	13,84	2,51	0,34	3,77	13,21	5,66
M20	1,25	0,62	0,02	3,71	6,93	4,40
M21	0,62	1,25	0,01	3,78	21,39	2,34
M22	0,00	4,40	0,05	4,66	11,95	1,77
M23	1,25	33,97	0,08	4,33	15,10	0,66
M24	0,62	3,14	0,45	4,88	25,16	1,55
M25	1,23	2,51	0,32	3,77	40,89	2,03
M26	3,24	10,88	0,12	2,51	4,56	2,01
M27	3,09	13,95	0,23	2,52	6,77	0,89
M28	1,24	12,77	0,03	3,77	7,33	1,67
M29	0,98	2,95	0,04	3,76	5,55	0,88
M30	1,45	6,99	0,05	1,88	6,66	1,99

Figura 31: Tabla con los valores de las interfaces registradas en micrómetros a nivel de la pared pulpar cavitaria, utilizando microscopio confocal laser de barrido por reflexión, OLS4000 3D LEXT, Olympus, Japan, pertenecientes a todos los grupos (G1 a G6).

VALORES ESTADÍSTICOS DE LAS INTERFACES DE ADHESIÓN A DENTINA DE LOS CEMENTOS DE IONOMERO DE VIDRIO CONVENCIONALES, DE ALTA VISCOSIDAD Y MODIFICADOS CON RESINAS

MATERIALES	n	Media	SD	SE	Min	Max	Mediana	Varianza
FUJI LINING LC	30	4,82	2,81	0,51	0,23	9,80	2,51	7,90
VITREMER	30	7,88	3,70	0,67	1,25	14,23	7,55	13,69
EQUIA FIL	30	0,38	0,37	0,06	0,01	1,14	0,23	0,14
KETAC MOLAR EASYMIX	30	2,70	1,78	0,32	0,67	7,88	2,37	3,17
IONOFIL MOLAR	30	6,31	1,93	0,35	2,65	9,43	6,71	3,75
GC GOLDLABEL 9	30	1,48	0,86	0,15	0,55	3,77	1,17	0,74

Figura 32: Interfaces en micrómetros de todos los biomateriales en estudio, con su Término Medio, Desviación Estándar, Error Estándar del Término Medio, Grados de Libertad, Mediana y Varianza.

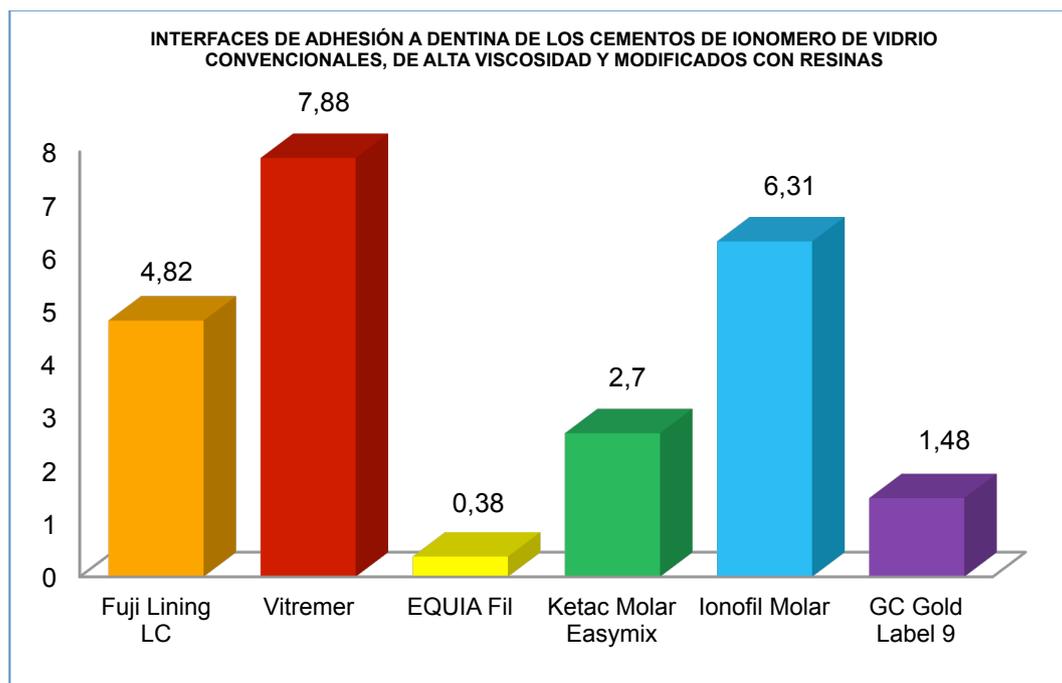


Figura 33: Gráfico estadístico donde se observan los correspondientes Términos Medios de acuerdo con el Análisis de Varianza ANOVA de las interfaces en micrómetros de todos los grupos.

- a) La interface dentina-cemento de ionómero de vidrio fotopolimerizable de las muestras del Grupo 1 (Fuji Lining LC), a la pared pulpar cavitaria fue de $4.82\mu\text{m}$. Las interfaces abiertas, evaluadas entre este biomaterial y la dentina fueron del tipo de fracturas adhesivas producto de la contracción de polimerización del biomaterial, siendo afectado el sellado de los túbulos dentinarios. (Figuras 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43).

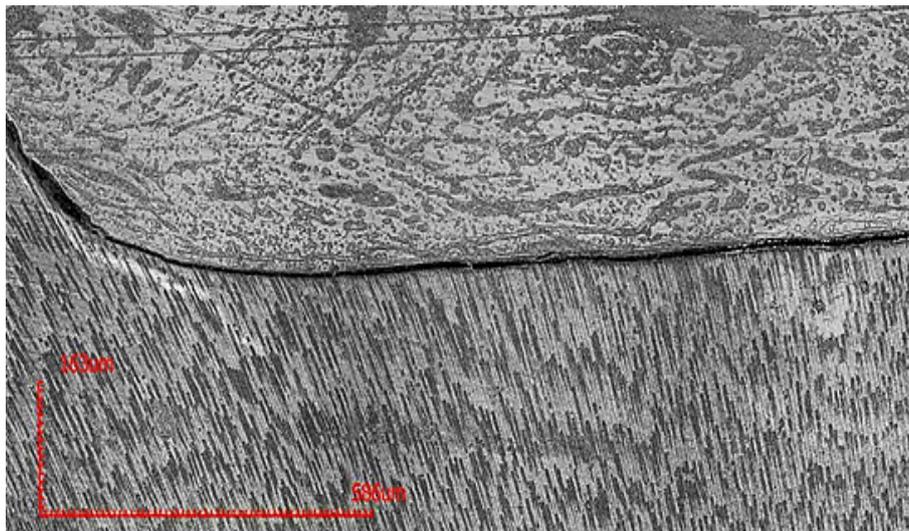


Figura 34: Micrografía con microscopio confocal laser de barrido por reflexión de la interface dentina - cemento de ionómero de vidrio fotopolimerizable GC Fuji Lining LC. Nótese la desadaptación interfásica del biomaterial con fractura adhesiva. OLS4000 3D LEXT. x860.

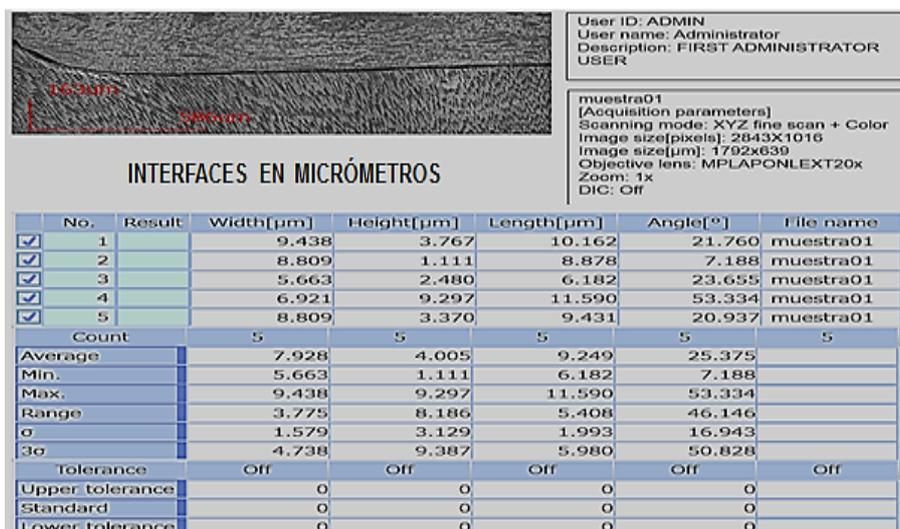


Figura 35: Reporte del microscopio confocal laser de barrido por reflexión de la interface dentina - cemento de ionómero de vidrio fotopolimerizable GC Fuji Lining LC, donde se pueden observar las 5 mediciones efectuadas sobre la pared pulpar cavitaria del Grupo 1, muestra 1.

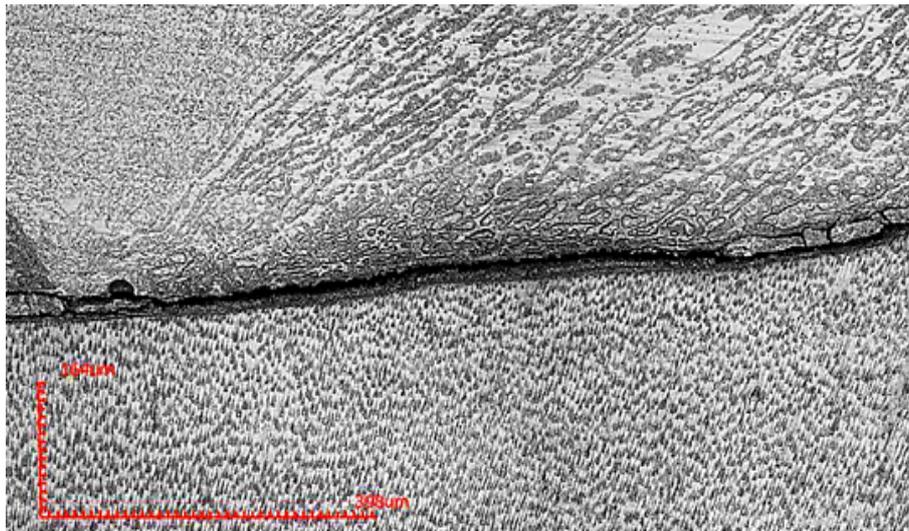


Figura 36: Micrografía de la interface dentina - cemento de ionómero de vidrio fotopolimerizable GC Fuji Lining LC, Grupo 1, muestra 2, donde se observa la interface del biomaterial con fractura adhesiva. OLS4000 LEXT x860.

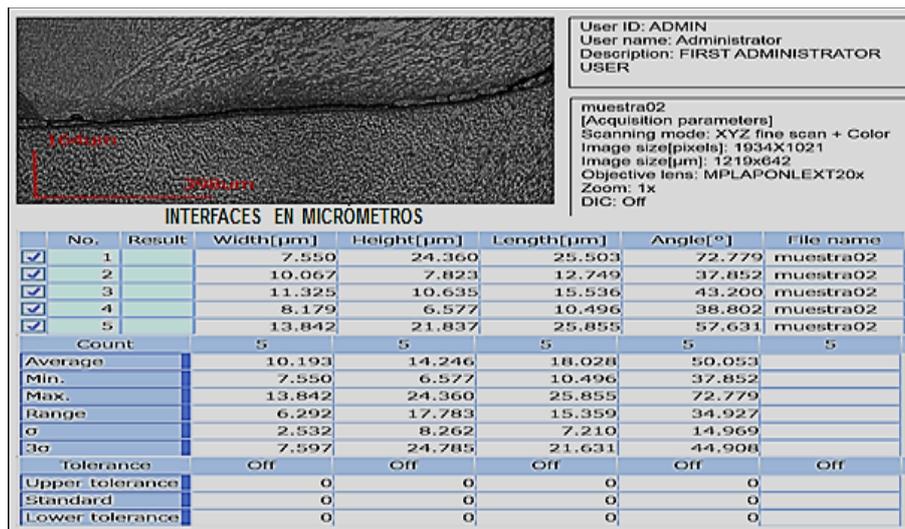


Figura 37: Reporte del OLS4000 3D LEXT de la interface dentina - cemento de ionómero de vidrio fotopolimerizable GC Fuji Lining LC, donde se pueden observar las 5 mediciones efectuadas sobre la pared pulpar cavitaria del Grupo 1- 2.

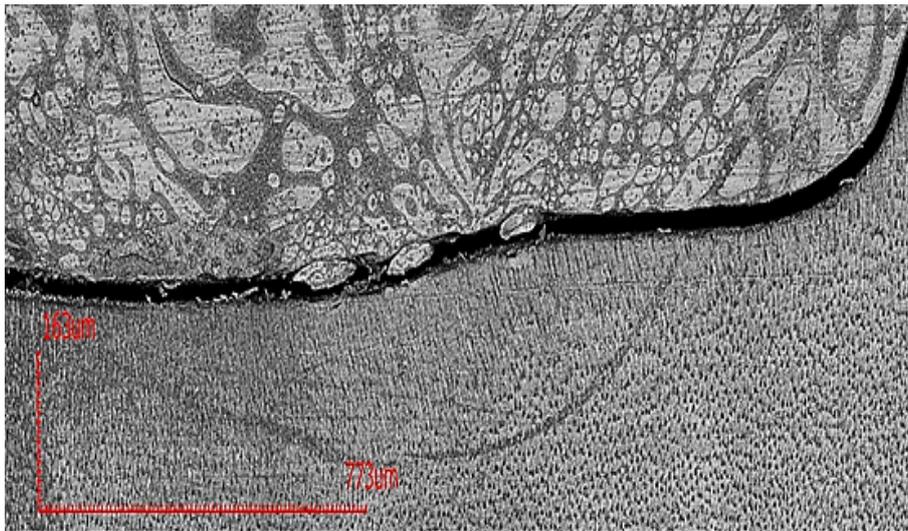


Figura 38: Micrografía de la interface dentina - cemento de ionómero de vidrio fotopolimerizable GC Fuji Lining LC, perteneciente al grupo 1-3, donde se observa la interface abierta del biomaterial con fractura adhesiva. OLS4000 3D LEXT x860.

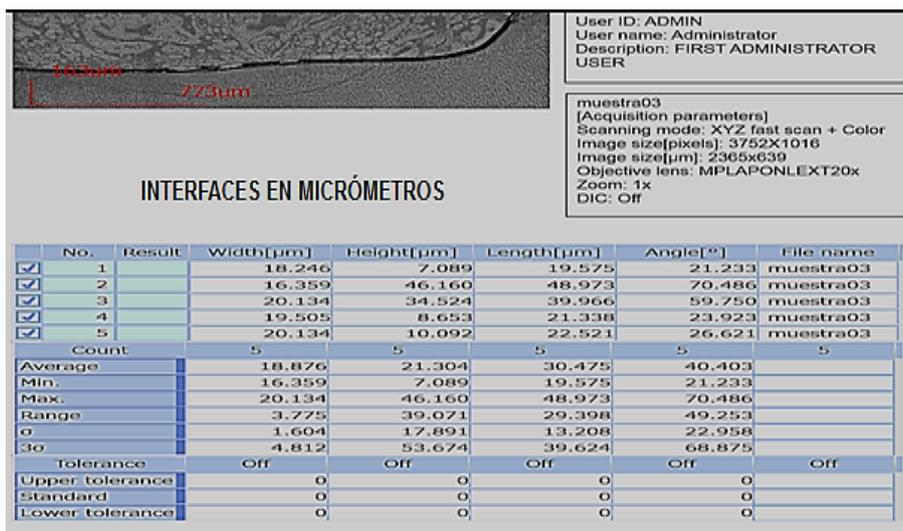


Figura 39: Reporte de la interface dentina - cemento de ionómero de vidrio fotopolimerizable GC Fuji Lining LC, donde se pueden observar las 5 mediciones efectuadas sobre la pared pulpar cavitaria del Grupo 1, muestra 3. OLS4000 3D LEXT, Olympus, Japan.

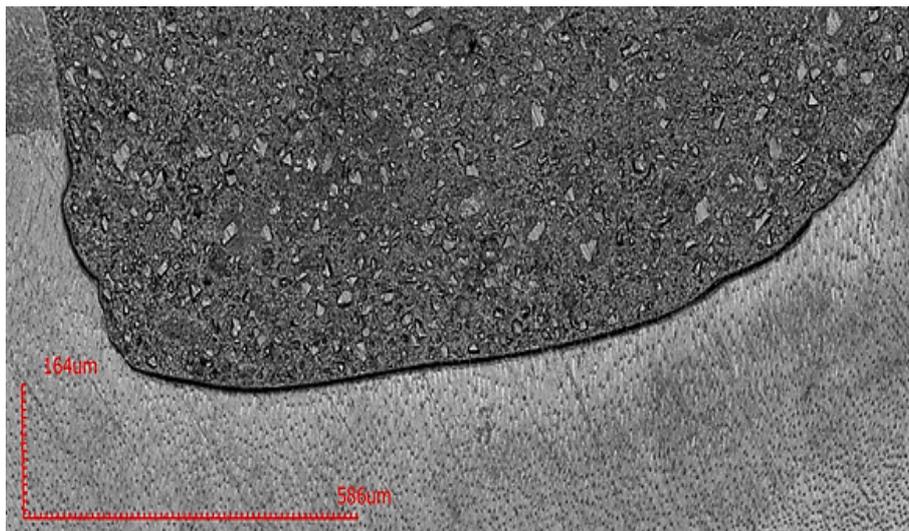


Figura 40: Interface dentina - cemento de ionómero de vidrio fotopolimerizable GC Fuji Lining LC, perteneciente al grupo 1-5. Nótese la interface abierta del biomaterial con fractura adhesiva, producto de la contracción de polimerización atribuida a los monómeros incorporados. OLS4000 3D LEXT x860.

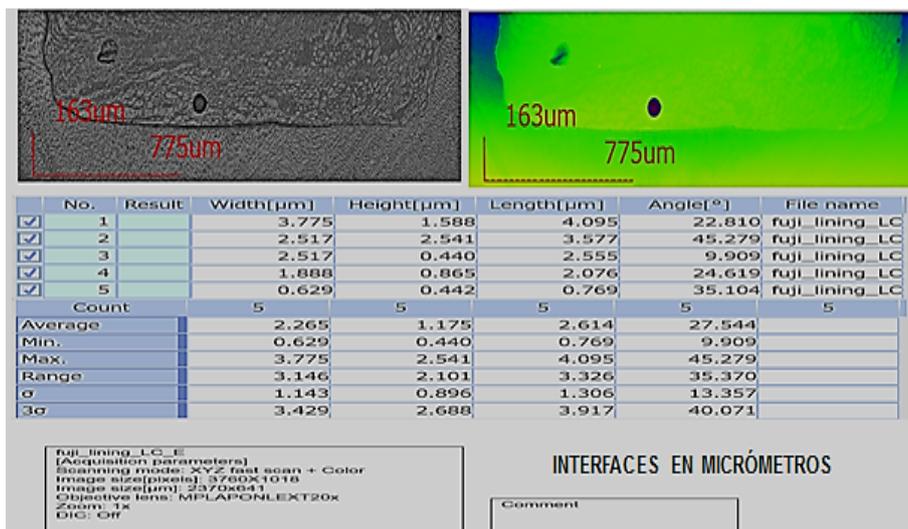


Figura 41: Reporte del OLS4000 3D LEXT de la interface dentina - cemento de ionómero de vidrio fotopolimerizable GC Fuji Lining LC, donde se pueden observar las 5 mediciones efectuadas sobre la pared pulpar cavitaria del Grupo 1- 5.

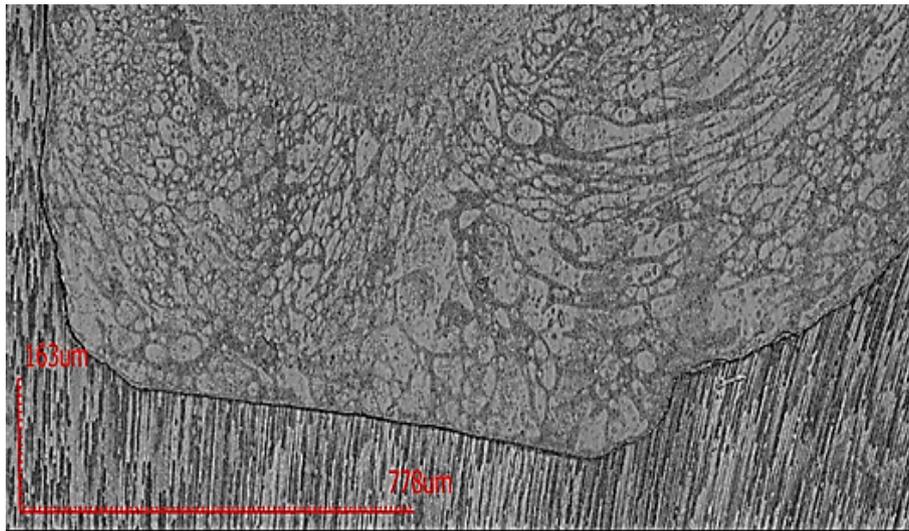


Figura 42: Fractura adhesiva en la interface dentina - cemento de ionómero de vidrio fotopolimerizable GC Fuji Lining LC con, perteneciente al grupo 1-6. OLS4000 3D LEXT. x860.

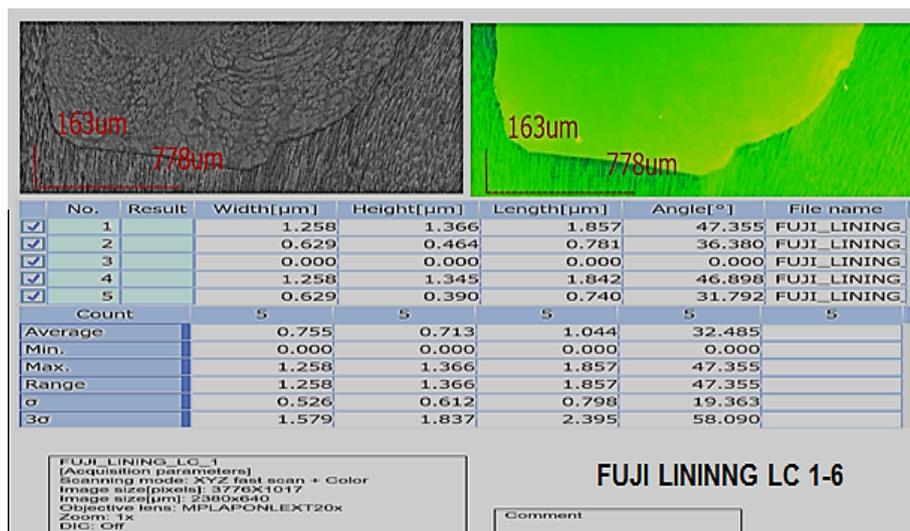


Figura 43: Reporte de la interface dentina - cemento de ionómero de vidrio fotopolimerizable GC Fuji Lining LC, donde se pueden observar las 5 mediciones efectuadas sobre la pared pulpar cavitaria del Grupo 1, muestra 6. OLS4000 3D LEXT Olympus, Japan.

- b) La interface dentina-cemento de ionómero de vidrio de triple curado de las muestras del Grupo 2 (Vitremmer), a la pared pulpar cavitaria fue de $7,88\mu\text{m}$. Las interfaces evaluadas entre Vitremmer y dentina fueron del tipo de fracturas adhesivas producto de la contracción de polimerización que origina el triple curado del biomaterial, siendo perjudicado el sellado de los túbulos dentinarios. (Figuras 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53).



Figura 44: Interfase dentina - cemento de ionómero de vidrio de triple curado Vitremmer, perteneciente al grupo 2-1. OLS4000 3D LEXT x860.

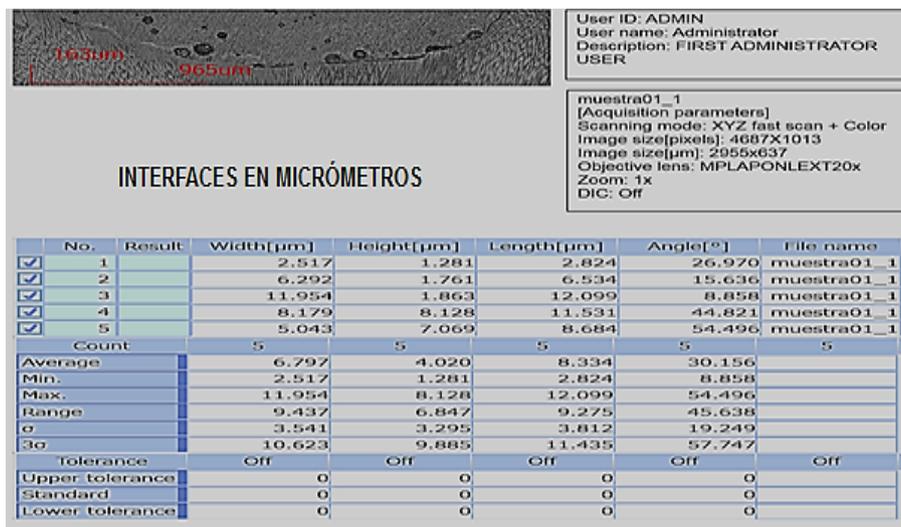


Figura 45: Reporte del Confocal Laser Microscope por Reflexión OLS4000 3D LEXT de la interfase dentina - cemento de ionómero de vidrio de triple curado Vitremmer, donde se pueden observar las 5 mediciones efectuadas sobre la pared pulpar cavitaria del Grupo 2, muestra 1.

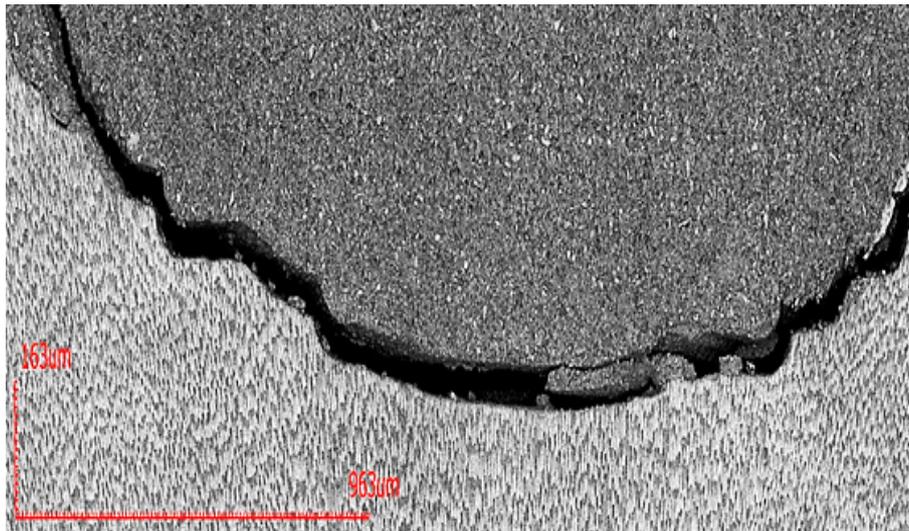


Figura 46: Interface abierta dentina - cemento de ionómero de vidrio de triple curado Vitremer con fractura adhesiva y falta de sellado de los túbulos dentinarios, perteneciente al grupo 2-2, producto de la contracción de polimerización atribuida a los monómeros incorporados para el triple curado. OLS4000 3D LEXT x860.

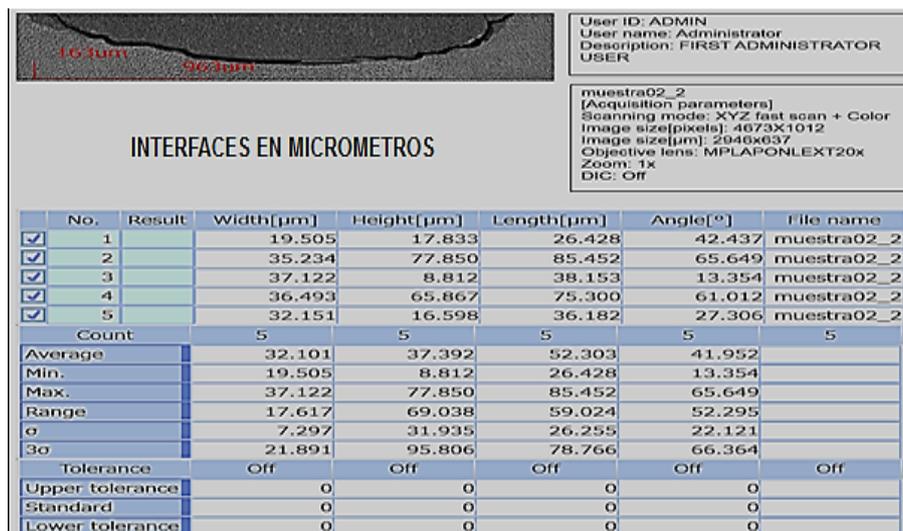


Figura 47: Reporte de OLS4000 3D LEXT de la interface dentina - cemento de ionómero de vidrio de triple curado Vitremer, donde se observan las 5 mediciones efectuadas sobre la pared pulpar cavitaria del Grupo 2, muestra 2.

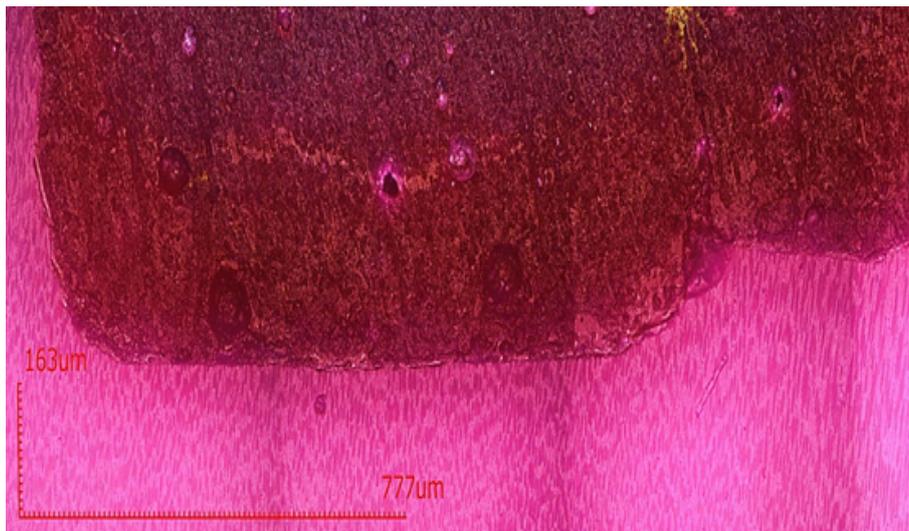


Figura 48: Interface dentina - cemento de ionómero de vidrio de triple curado Vitremer, perteneciente al grupo 2 - 3. OLS4000 3D LEXT x860.

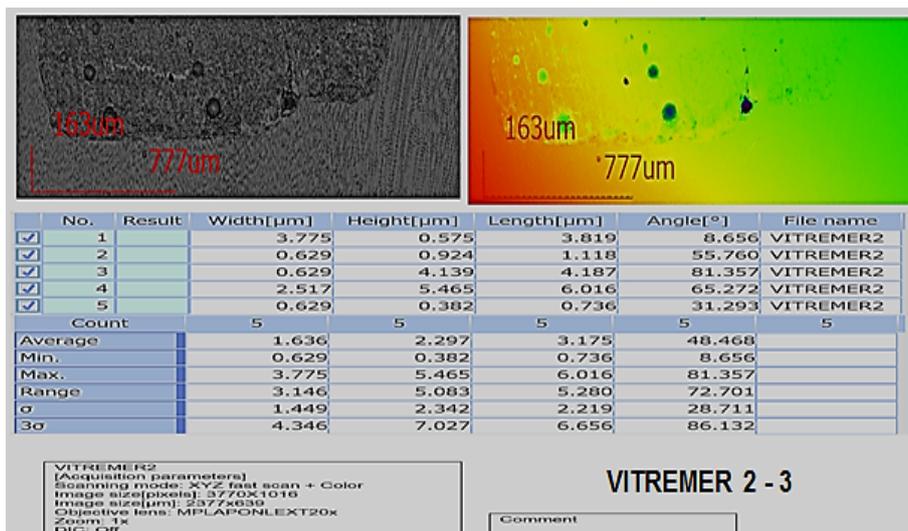


Figura 49: Reporte de OLS4000 3D LEXT de la interface dentina - cemento de ionómero de vidrio de triple curado Vitremer, donde se observan las 5 mediciones efectuadas sobre la pared pulpar cavitaria del Grupo 2, muestra 3.

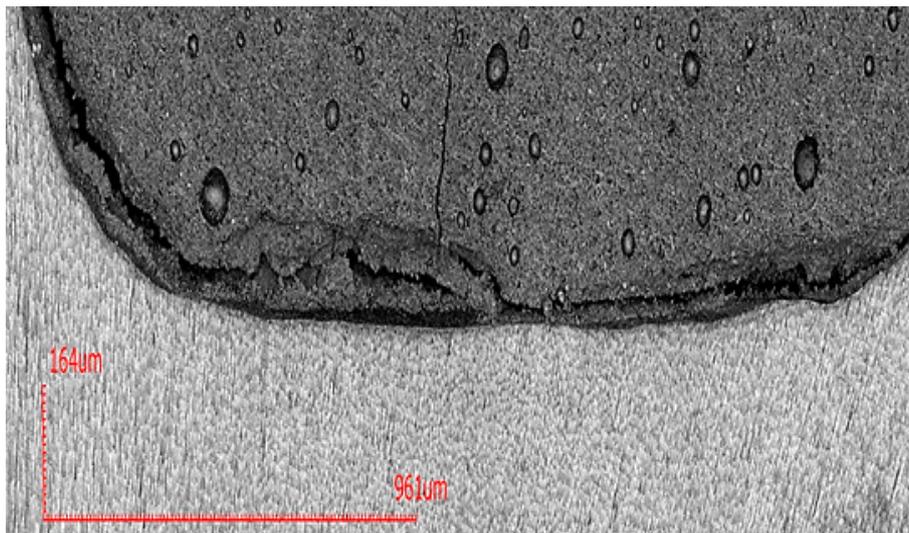


Figura 50: Interface dentina - cemento de ionómero de vidrio de triple curado Vitremer con fractura adhesiva, perteneciente al grupo 2 - 5. OLS4000 3D LEXT x860.

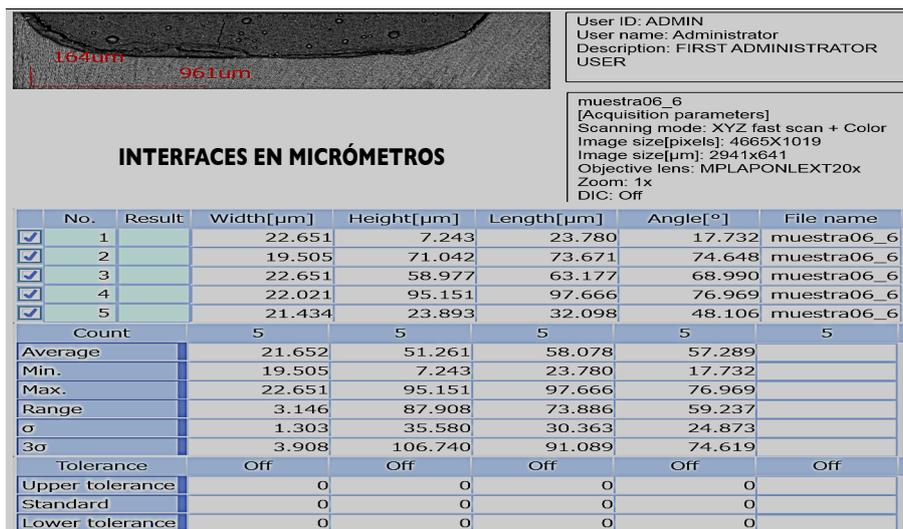


Figura 51: OLS4000 3D LEXT. Reporte de la interface dentina - cemento de ionómero de vidrio de triple curado Vitremer. Se visualizan las 5 mediciones efectuadas sobre la pared pulpar cavitaria del Grupo 2, muestra 6.

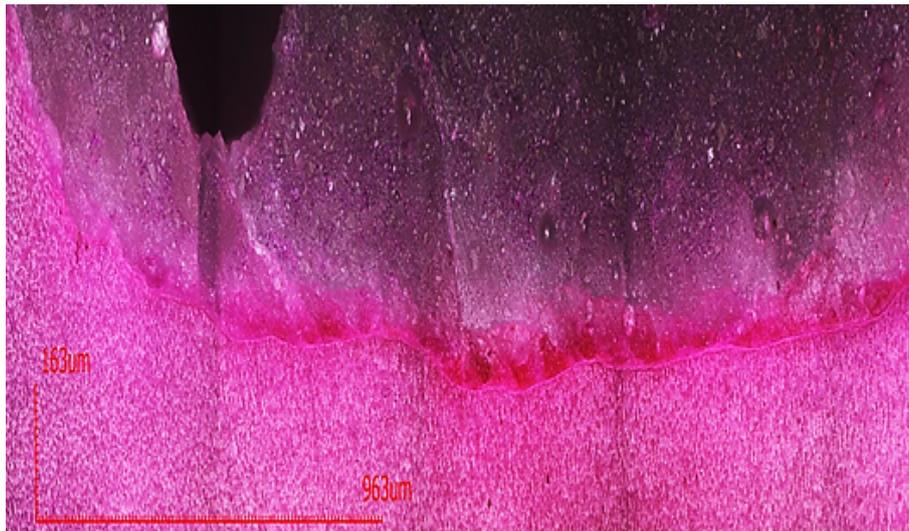


Figura 52: Interface dentina - cemento de ionómero de vidrio de triple curado Vitremer, perteneciente al grupo 2 - 6. OLS4000 3D LEXT x860.

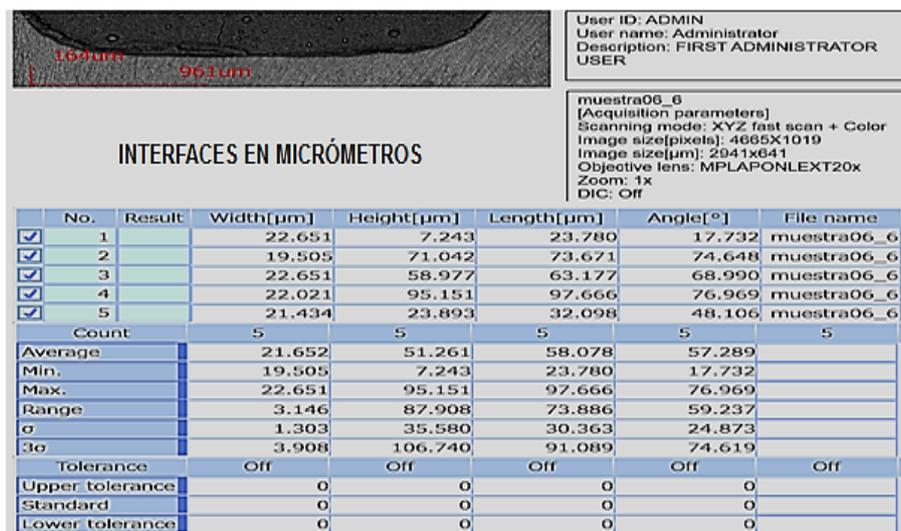


Figura 53: Reporte de OLS4000 3D LEXT de la interface dentina - cemento de ionómero de vidrio de triple curado Vitremer, donde se observan las 5 mediciones efectuadas sobre la pared pulpar cavitaria del Grupo 2, muestra 6

- c) La interface dentina-cemento del cemento de ionómero de vidrio convencional de alta viscosidad de las muestras del Grupo 3 (EQUIA Fil), a la pared pulpar cavitaria fue de $0,38\mu\text{m}$. Las interfaces mínimas, evaluadas entre EQUIA Fil y dentina fueron del tipo de fracturas cohesivas, que ocurriendo esto dentro del mismo material ionomérico. La adhesión y el sellado de los túbulos de la dentina no es afectado. (Figuras 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61).

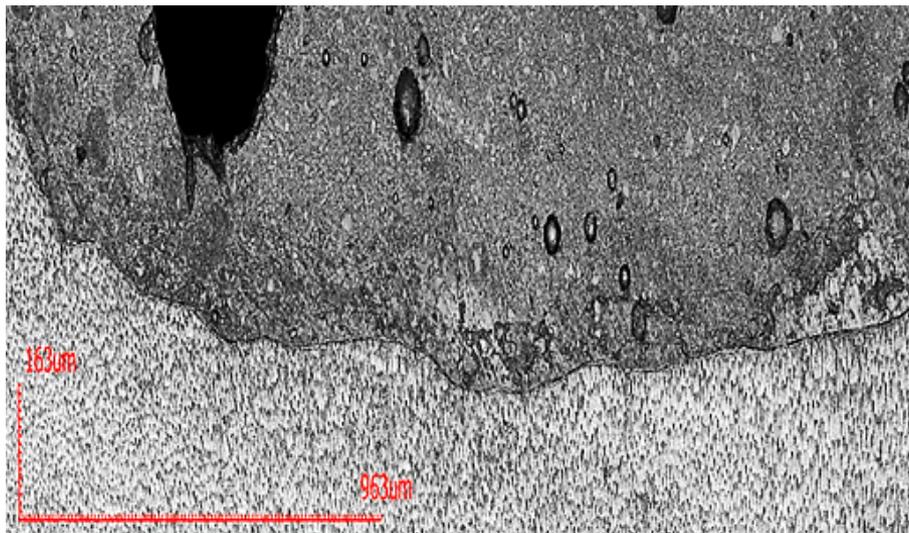


Figura 54: Interface dentina - cemento de ionómero de vidrio de alta viscosidad EQUIA FIL, perteneciente al grupo 3 - 1. OLS4000 3D LEXT x860

No.	Result	Width[μm]	Height[μm]	Length[μm]	Angle[$^\circ$]	File name
✓ 1		1.888	0.798	2.049	22.919	muestra1
✓ 2		1.888	0.768	2.038	22.143	muestra1
✓ 3		3.146	0.014	3.146	0.248	muestra1
✓ 4		1.888	0.125	1.892	3.798	muestra1
✓ 5		1.258	0.306	1.295	13.686	muestra1
Count		5	5	5	5	5
Average		2.014	0.402	2.084	12.559	
Min.		1.258	0.014	1.295	0.248	
Max.		3.146	0.798	3.146	22.919	
Range		1.888	0.784	1.851	22.671	
σ		0.689	0.363	0.669	10.353	
3σ		2.068	1.089	2.007	31.060	

Figura 55: Reporte de OLS4000 3D LEXT de la interface dentina - cemento de ionómero de vidrio de alta viscosidad EQUIA FIL, donde se observan las 5 mediciones efectuadas sobre la pared pulpar cavitaria del Grupo 3, muestra 1.

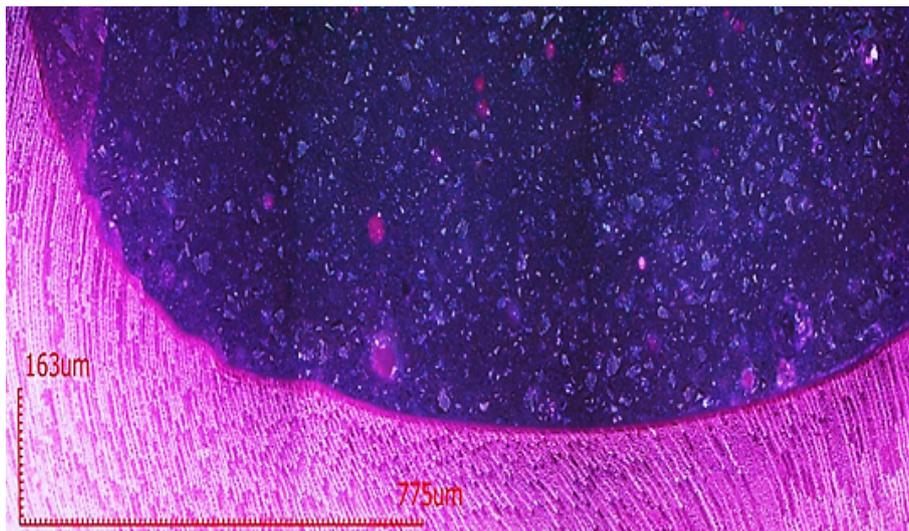


Figura 56: Interface dentina - cemento de ionómero de vidrio de alta viscosidad EQUA FIL, perteneciente al grupo 3, muestra 2. OLS4000 3D LEXT x860

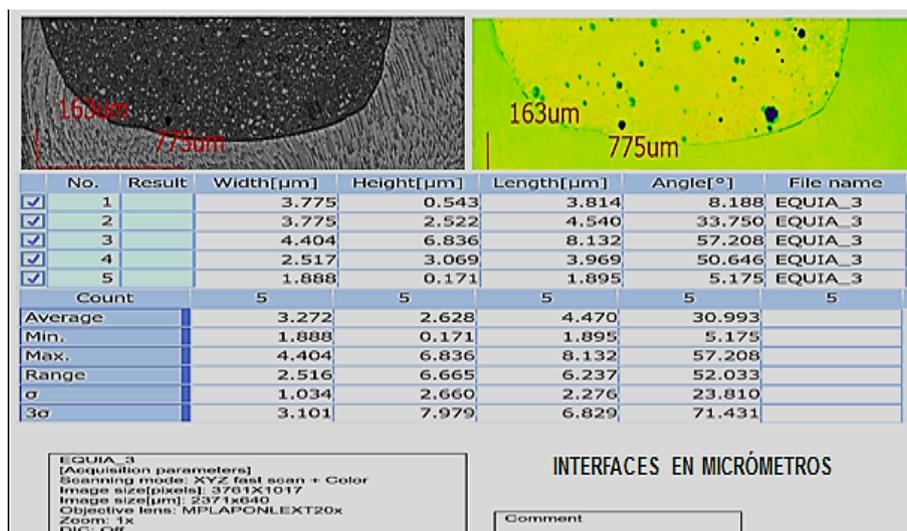


Figura 57: Reporte de OLS4000 3D LEXT de la interface dentina - cemento de ionómero de vidrio de alta viscosidad EQUA FIL, donde se observan las 5 mediciones efectuadas sobre la pared pulpar cavitaria del Grupo 3, muestra 2.

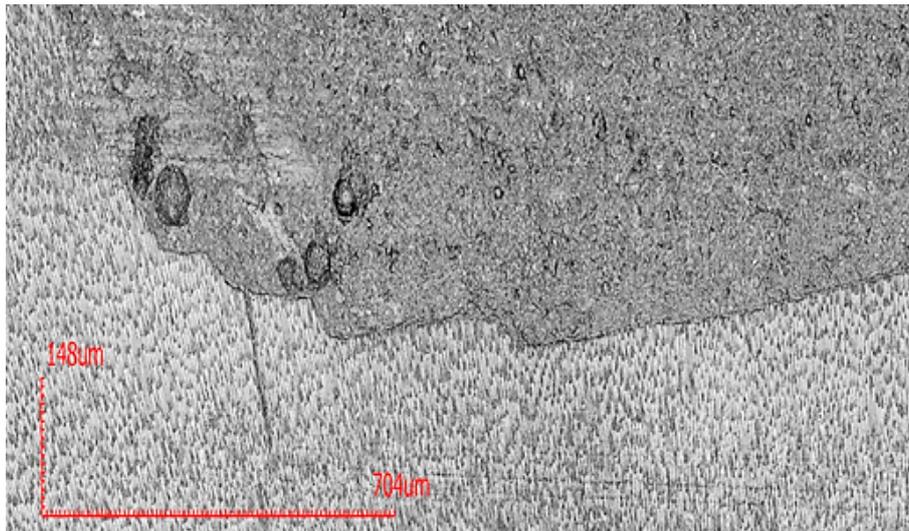


Figura 58: Interface dentina - cemento de ionómero de vidrio de alta viscosidad EQUA FIL, perteneciente al grupo 3, muestra 3. OLS4000 3D LEXT x860

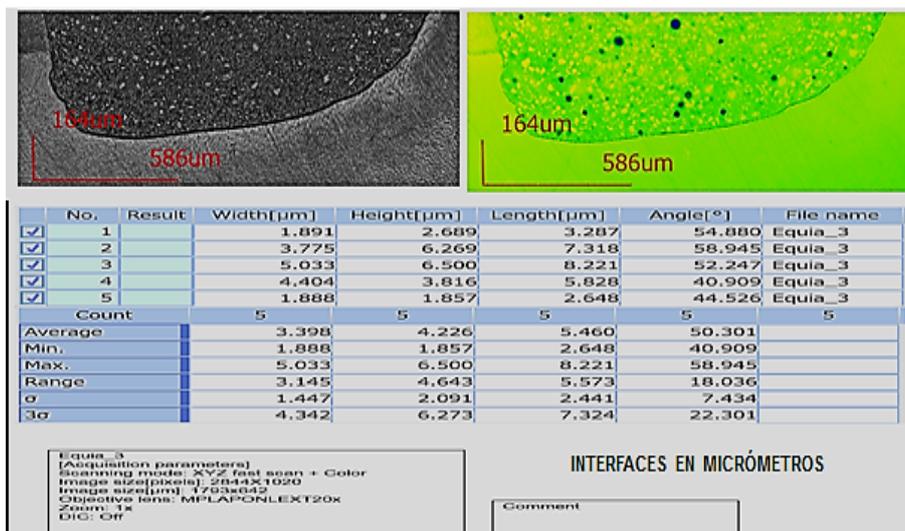


Figura 59: Reporte de OLS4000 3D LEXT de la interface dentina - cemento de ionómero de vidrio de alta viscosidad EQUA FIL, donde se observan las 5 mediciones efectuadas sobre la pared pulpar cavitaria del Grupo 3, muestra 3.

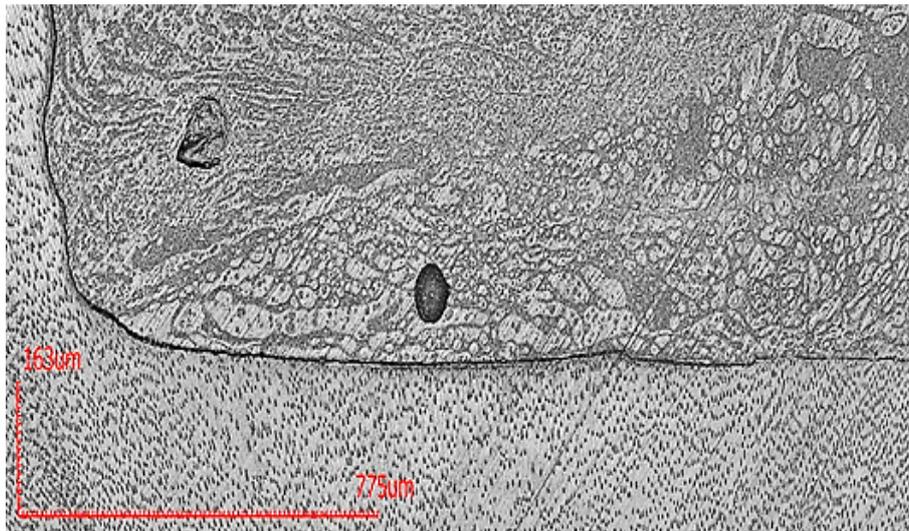


Figura 60: Interface dentina - cemento de ionómero de vidrio de alta viscosidad EQUA FIL, perteneciente al grupo 3, muestra 5. OLS4000 3D LEXT x860

No.	Result	Width[μm]	Height[μm]	Length[μm]	Angle[$^\circ$]	File name
<input checked="" type="checkbox"/>	1	0.572	0.155	0.592	15.117	muestra3
<input checked="" type="checkbox"/>	2	1.144	0.494	1.246	23.363	muestra3
<input checked="" type="checkbox"/>	3	1.144	0.491	1.245	23.240	muestra3
<input checked="" type="checkbox"/>	4	1.144	0.520	1.257	24.462	muestra3
<input checked="" type="checkbox"/>	5	0.572	0.418	0.709	36.183	muestra3
Count		5	5	5	5	5
Average		0.915	0.416	1.010	24.473	
Min.		0.572	0.155	0.592	15.117	
Max.		1.144	0.520	1.257	36.183	
Range		0.572	0.365	0.665	21.066	
σ		0.313	0.151	0.331	7.540	
3σ		0.940	0.452	0.992	22.620	

Figura 61: Reporte de OLS4000 3D LEXT de la interface dentina - cemento de ionómero de vidrio de alta viscosidad EQUA FIL, donde se observan las 5 mediciones efectuadas sobre la pared pulpar cavitaria del Grupo 3, muestra 5.

- d) La interface dentina - cemento de ionómero de vidrio convencional de alta viscosidad de las muestras del Grupo 4 (Ketac Molar Easymix), a la pared pulpar cavitaria fue de 2,70 micrómetros. Las interfaces, evaluadas entre Ketac Molar Easymix y dentina fueron del tipo de fracturas adhesivas y cohesivas, siendo afectado el sellado de los túbulos dentinarios. (Figuras 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70).

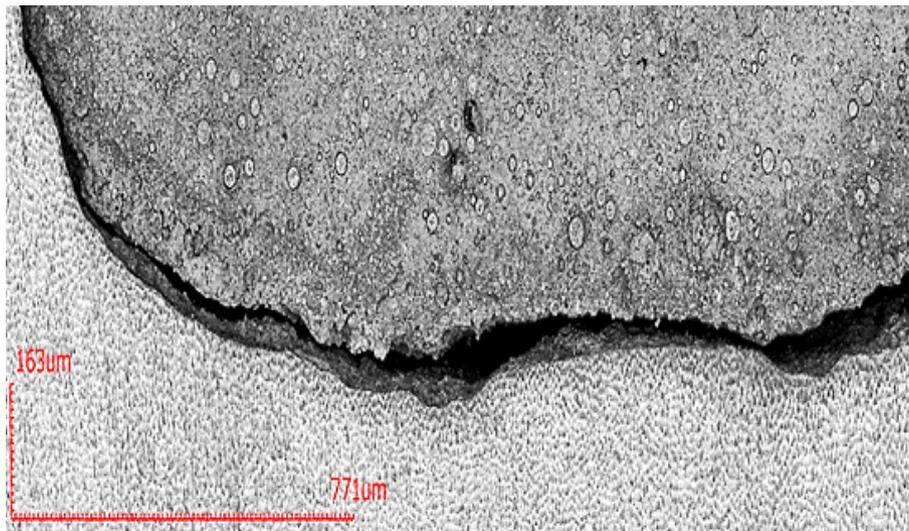


Figura 62: Interface dentina - cemento de ionómero de vidrio Ketac Molar Easymix, con fractura adhesiva-cohesiva, que corresponde al grupo 4, muestra 1. OLS4000 3D LEXT x860.

No.	Result	Width[μm]	Height[μm]	Length[μm]	Angle[°]	File name
✓ 1		16.359	47.929	50.644	71.155	ketac_molar_
✓ 2		11.954	81.330	82.204	81.638	ketac_molar_
✓ 3		20.134	92.107	94.282	77.670	ketac_molar_
✓ 4		8.809	18.689	20.661	64.765	ketac_molar_
✓ 5		40.346	280.993	283.875	81.829	ketac_molar_
Count		5	5	5	5	5
Average		19.520	104.210	106.333	75.411	
Min.		8.809	18.689	20.661	64.765	
Max.		40.346	280.993	283.875	81.829	
Range		31.537	262.304	263.214	17.064	
σ		12.410	102.961	103.307	7.357	
3σ		37.231	308.882	309.922	22.072	

Figura 63: Reporte de OLS4000 3D LEXT de la interfase dentina - cemento de ionómero de vidrio Ketac Molar Easymix, con las 5 mediciones efectuadas sobre la interfase con la pared pulpar cavitaria del Grupo 4, muestra 1.

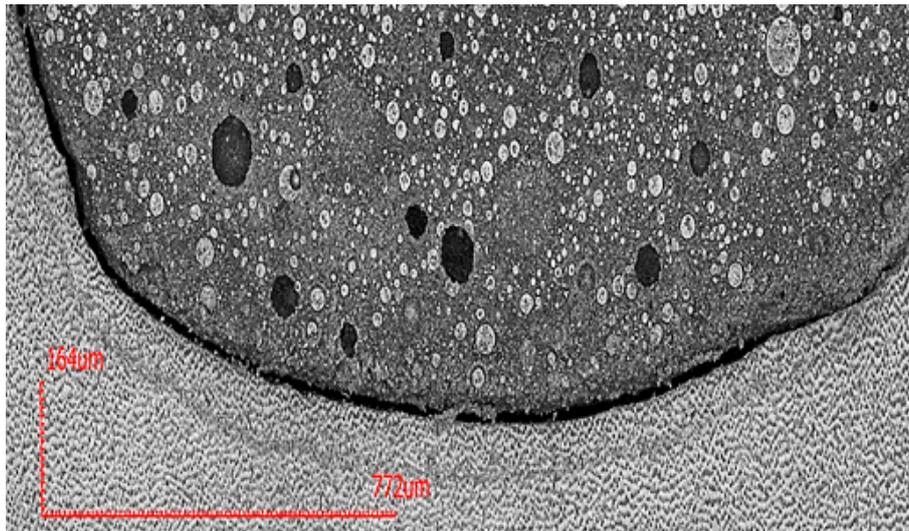


Figura 64: Interface dentina - cemento de ionómero de vidrio Ketac Molar Easymix, con fractura adhesiva-cohesiva, que corresponde al grupo 4, muestra 2. OLS4000 3D LEXT x860

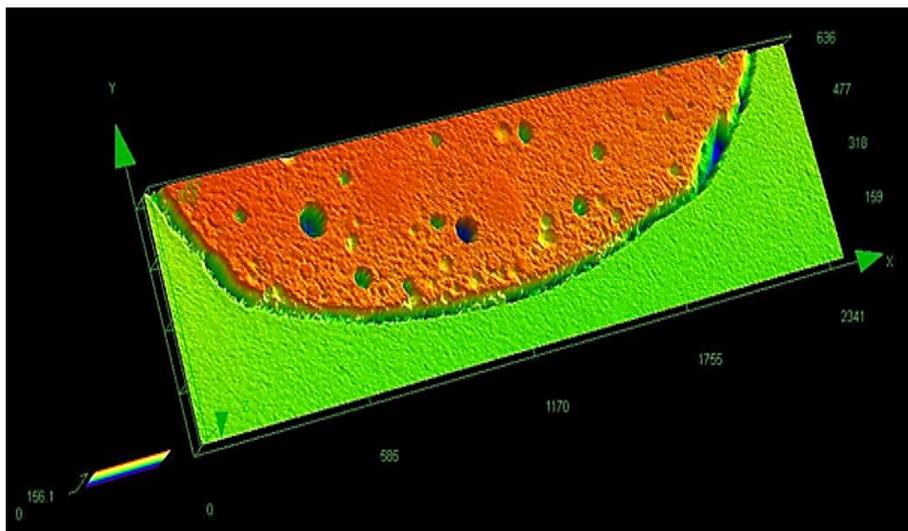


Figura 65: Imagen de la Interface de la figura anterior con proyección tridimensional. Nótese la presencia de fractura adhesiva - cohesiva en unión CIVAV con dentina. OLS4000 3D LEXT x860

No.	Result	Width[μm]	Height[μm]	Length[μm]	Angle[$^\circ$]	File name
✓ 1		12.584	74.503	75.558	80.413	ketac_molar_
✓ 2		5.033	19.201	19.849	75.310	ketac_molar_
✓ 3		11.325	58.732	59.814	79.086	ketac_molar_
✓ 4		12.584	46.319	47.998	74.801	ketac_molar_
✓ 5		2.517	16.789	16.976	81.475	ketac_molar_
Count		5	5	5	5	5
Average		8.809	43.109	44.039	78.217	
Min.		2.517	16.789	16.976	74.801	
Max.		12.584	74.503	75.558	81.475	
Range		10.067	57.714	58.582	6.674	
σ		4.708	25.021	25.375	3.013	
3σ		14.125	75.064	76.125	9.039	

GRUPO 4 MUESTRA 2 KETAC MOLAR EASYMIX 3M-ESPE USA

Figura 66: Reporte de OLS4000 3D LEXT de la interface dentina - cemento de ionómero de vidrio Ketac Molar Easymix, con las 5 mediciones efectuadas sobre la interface con la pared pulpar cavitaria del Grupo 4, muestra 2.

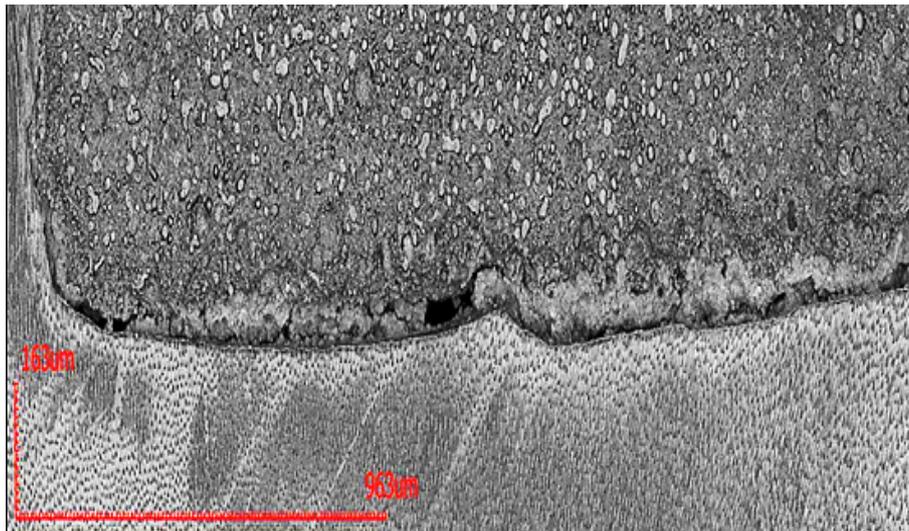


Figura 67: Interface dentina - cemento de ionómero de vidrio Ketac Molar Easymix, con fractura adhesiva-cohesiva, correspondiente al grupo 4, muestra 3. OLS4000 3D LEXT x860

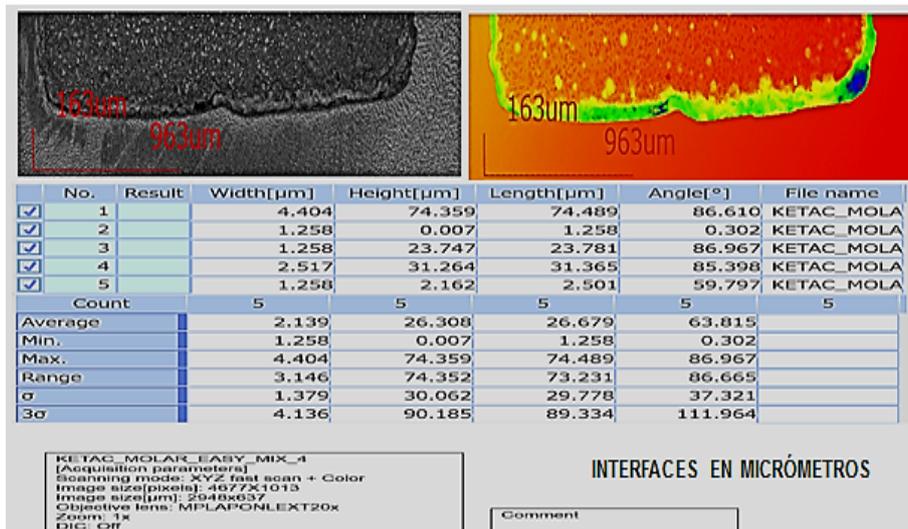


Figura 68: Reporte de OLS4000 3D LEXT de la interface dentina - cemento de ionómero de vidrio Ketac Molar Easymix, con las 5 mediciones efectuadas sobre la interface con la pared pulpar cavitaria del Grupo 4, muestra 3.

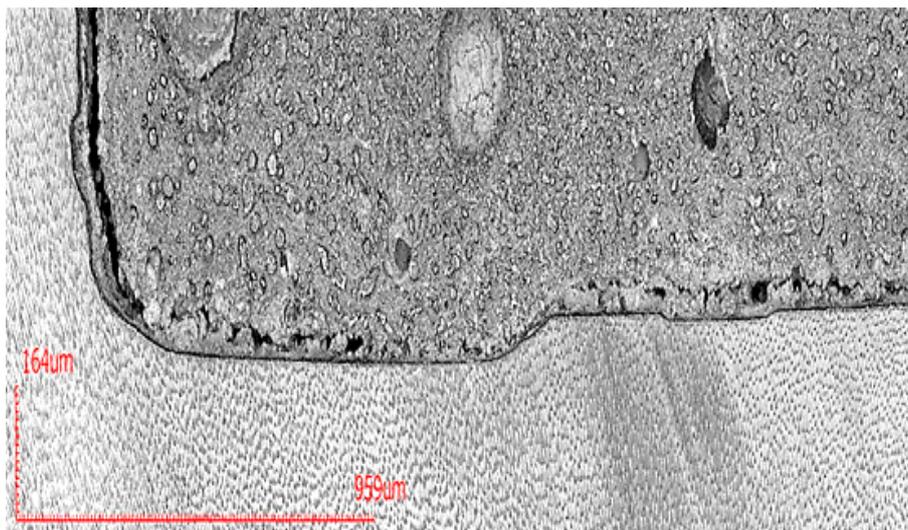


Figura 69: Interface dentina - cemento de ionómero de vidrio Ketac Molar Easymix, con fractura adhesiva-cohesiva. Grupo 4, muestra 5. OLS4000 3D LEXT x860

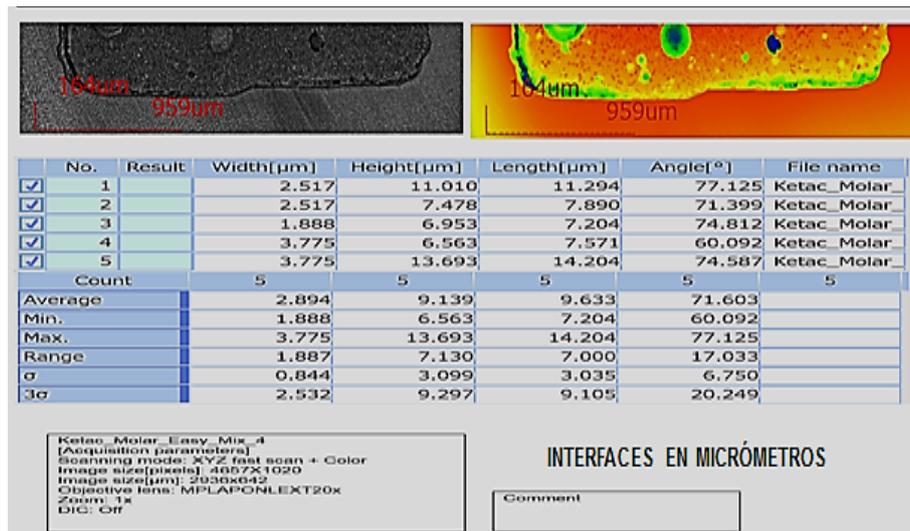


Figura 70: Reporte de OLS4000 3D LEXT de la interface dentina - cemento de ionómero de vidrio Ketac Molar Easymix, con las 5 mediciones efectuadas sobre la interface con la pared pulpar cavitaria del Grupo 4, muestra 5.

e) La interface dentina-cemento de ionómero de vidrio convencional de las muestras del Grupo 5, Ionofil Molar, a la pared dentinaria pulpar cavitaria fue de 6,31 micrómetros. Las interfaces evaluadas entre el Ionofil Molar y dentina fueron del tipo de fracturas adhesivas, siendo afectado el sellado de los túbulos dentinarios. (Figuras 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79).

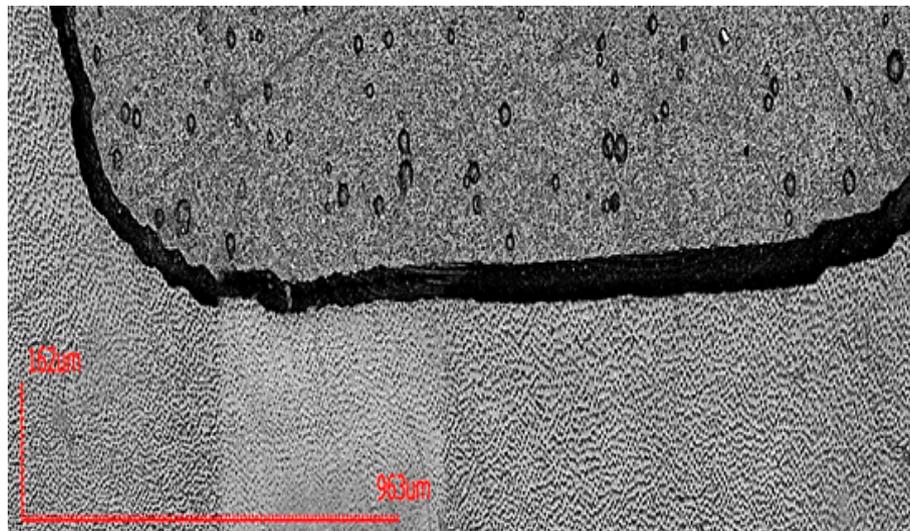


Figura 71: Interface dentina - cemento de ionómero de vidrio Ionofil Molar, con fractura adhesiva y falta de sellado de los túbulos dentinarios, correspondiente al grupo 5, muestra 1. OLS4000 3D LEXT x860

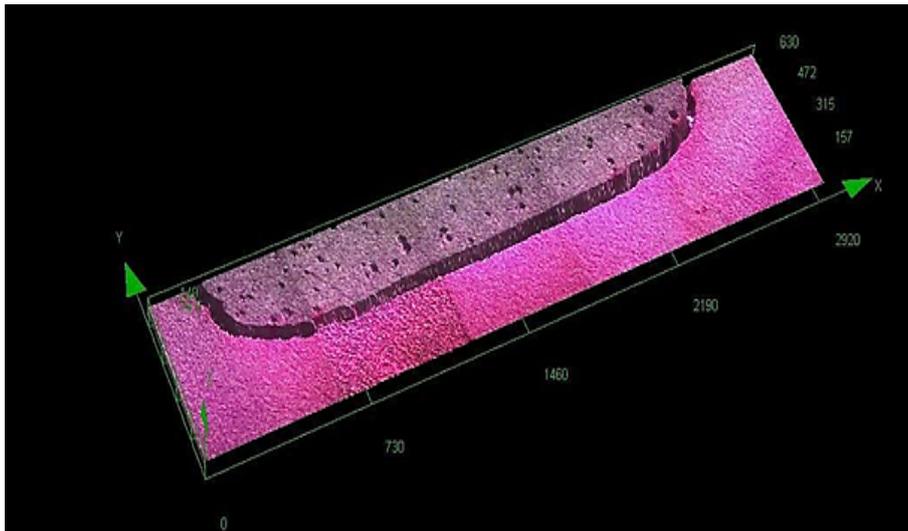


Figura 72: Imagen de la Interface de la figura anterior con proyección tridimensional y procesada con Rhodamina B. OLS4000 3D LEXT x860.

No.	Result	Width[μm]	Height[μm]	Length[μm]	Angle[$^\circ$]	File name
✓ 1		32.717	8.877	33.900	15.180	m1A
✓ 2		36.493	16.808	40.177	24.730	m1A
✓ 3		47.818	19.507	51.644	22.193	m1A
✓ 4		49.705	30.606	58.372	31.622	m1A
✓ 5		57.885	29.775	65.093	27.220	m1A
Count		5	5	5	5	5
Average		44.924	21.115	49.837	24.189	
Min.		32.717	8.877	33.900	15.180	
Max.		57.885	30.606	65.093	31.622	
Range		25.168	21.729	31.193	16.442	
σ		10.239	9.165	12.808	6.121	
3σ		30.716	27.495	38.423	18.364	

Figura 73: Reporte de OLS4000 3D LEXT de la interface dentina - cemento de ionómero de vidrio Ionofil Molar, con las 5 mediciones efectuadas sobre la interface con la pared pulpar cavitaria del Grupo 5, muestra 1.

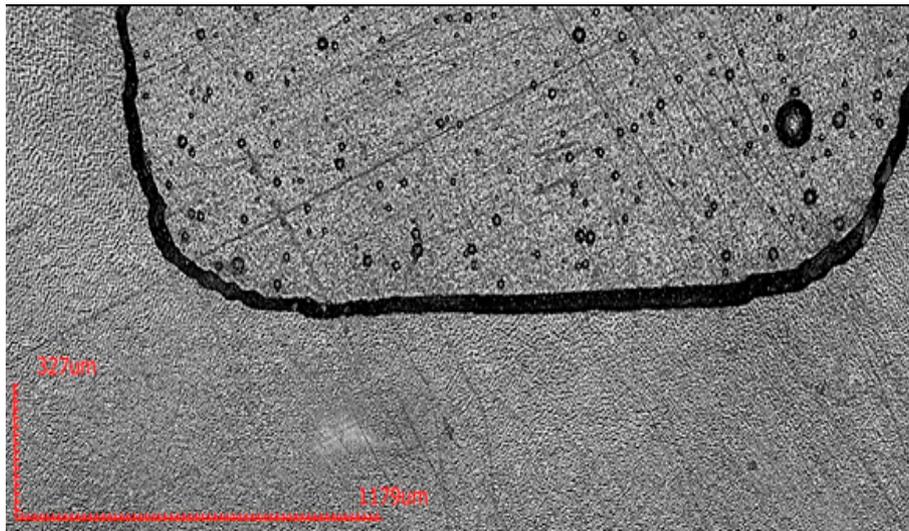


Figura 74: Micrografía de la interface dentina - cemento de ionómero de vidrio Ionofil Molar, correspondiente al grupo 5, muestra 2. Nótese la separación interfásica entre dentina-ionómero con fractura adhesiva y falta de sellado de los túbulos dentinarios. OLS4000 3D LEXT x860

No.	Result	Width[µm]	Height[µm]	Length[µm]	Angle[°]	File name
✓ 1		25.167	64.967	69.672	68.824	muestra2
✓ 2		28.942	35.430	45.749	50.755	muestra2
✓ 3		7.550	29.406	30.360	75.600	muestra2
✓ 4		13.213	56.063	57.599	76.739	muestra2
✓ 5		6.934	14.017	15.638	63.677	muestra2
Count		5	5	5	5	5
Average		16.361	39.977	43.804	67.119	
Min.		6.934	14.017	15.638	50.755	
Max.		28.942	64.967	69.672	76.739	
Range		22.008	50.950	54.034	25.984	
σ		10.152	20.552	21.432	10.571	
3σ		30.456	61.657	64.296	31.714	

Figura 75: Informe del OLS4000 3D LEXT de la interface dentina - cemento de ionómero de vidrio Ionofil Molar, con las 5 mediciones efectuadas sobre la interface dentinaria de la pared pulpar cavitaria del Grupo 5, muestra 2.

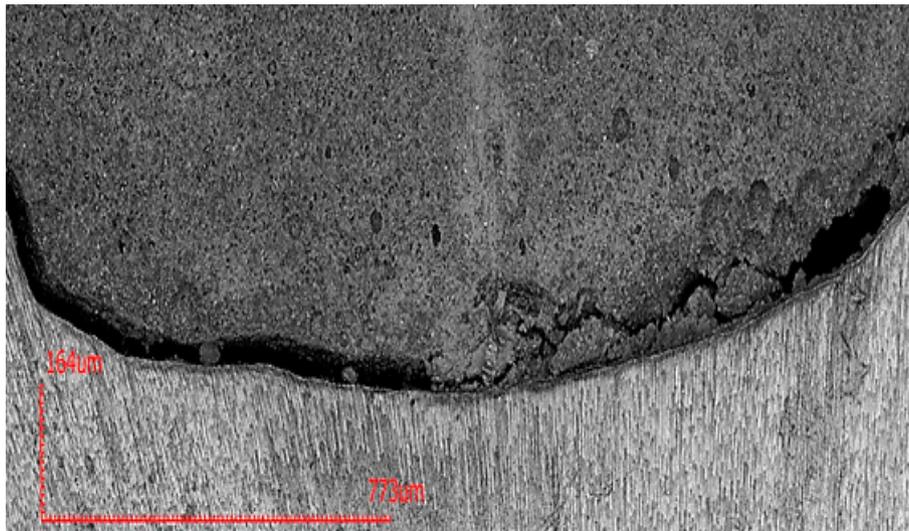


Figura 76: Micrografía de la interface dentina - cemento de ionómero de vidrio Ionofil Molar con fractura adhesiva y falta de sellado de los túbulos dentinarios, correspondiente al grupo 5, muestra 3. OLS4000 3D LEXT x860

No.	Result	Width[μm]	Height[μm]	Length[μm]	Angle[$^{\circ}$]	File name
✓ 1		21.392	68.712	71.965	72.707	muestra4
✓ 2		11.954	71.767	72.756	80.543	muestra4
✓ 3		15.100	66.396	68.092	77.187	muestra4
✓ 4		25.167	29.659	38.898	49.683	muestra4
✓ 5		40.897	69.310	80.476	59.457	muestra4
Count		5	5	5	5	5
Average		22.902	61.169	66.437	67.915	
Min.		11.954	29.659	38.898	49.683	
Max.		40.897	71.767	80.476	80.543	
Range		28.943	42.108	41.578	30.860	
σ		11.313	17.718	16.037	12.965	
3σ		33.940	53.154	48.110	38.894	

Figura 77: Información del OLS4000 3D LEXT de la interface dentina - cemento de ionómero del vidrio Ionofil Molar, con las 5 mediciones efectuadas sobre la interface dentinaria de la pared pulpar cavitaria del Grupo 5, muestra 3.

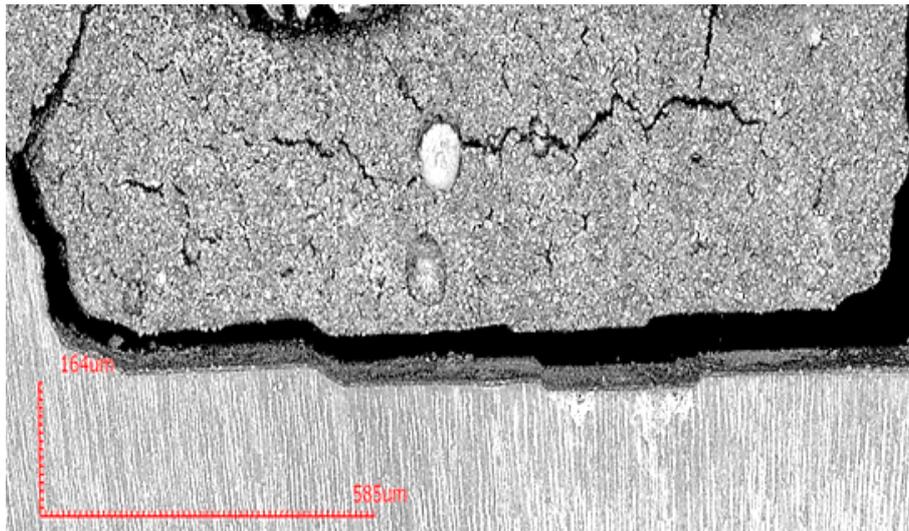


Figura 78: Interface dentina - cemento de ionómero de vidrio Ionofil Molar, correspondiente al grupo 5, muestra 5. OLS4000 3D LEXT x860

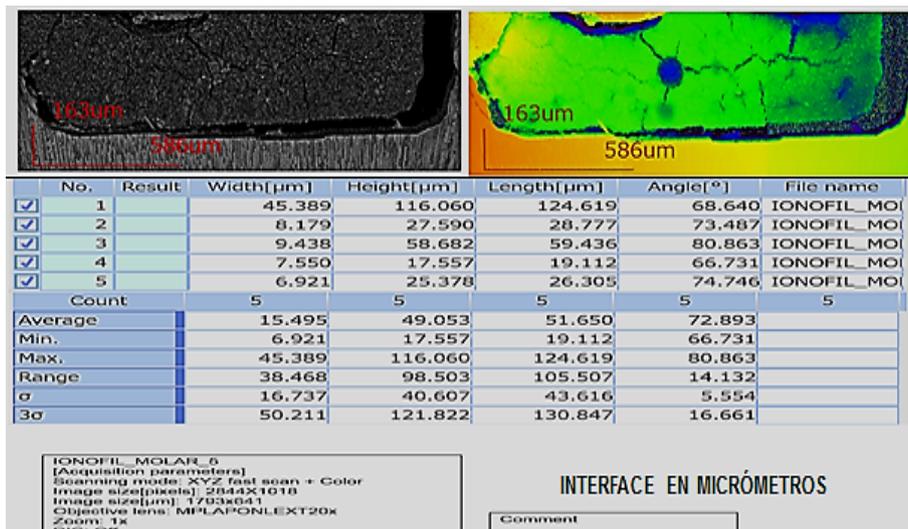


Figura 79: Reporte del OLS4000 3D LEXT de la interface dentina - cemento de ionómero del vidrio Ionofil Molar, con las 5 mediciones efectuadas sobre la interface dentinaria de la pared pulpar cavitaria del Grupo 5, muestra 5.

- f) La interface dentina-cemento de ionómero de vidrio convencional de las muestras del Grupo 6 (GC Gold Label 9), a la pared pulpar cavitaria fue de 1,48 micrómetros. Las interfaces evaluadas entre GC Gold Label 9 y dentina fueron del tipo de fracturas cohesivas, no siendo afectado el sellado de los túbulos dentinarios. (Figuras 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87).

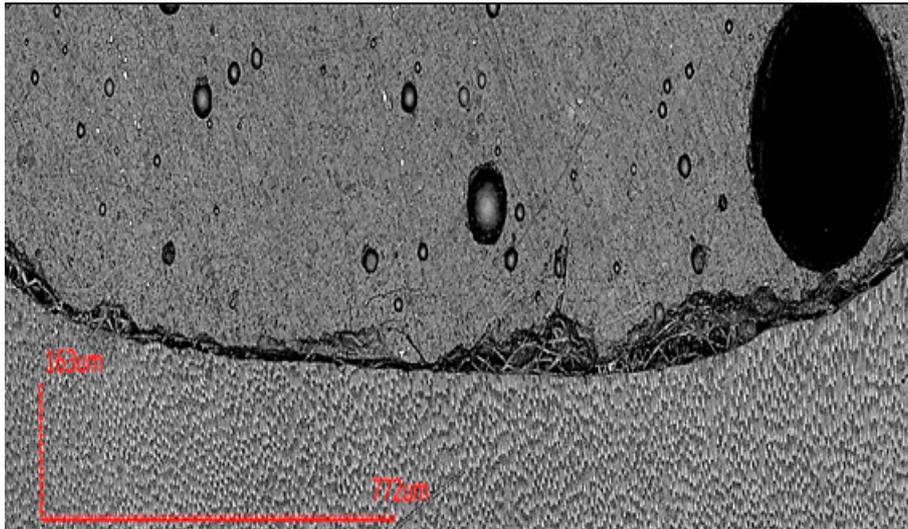


Figura 80: Micrografía de la interface dentina - cemento de ionómero de vidrio GC Gold Label 9, con fractura cohesiva. Grupo 6, muestra 1. OLS4000 3D LEXT x860

No.	Result	Width[µm]	Height[µm]	Length[µm]	Angle[°]	File name
✓ 1		13.213	2.126	13.383	9.143	muestra1
✓ 2		9.438	15.762	18.371	59.088	muestra1
✓ 3		11.954	1.946	12.112	9.246	muestra1
✓ 4		11.954	3.215	12.379	15.051	muestra1
✓ 5		8.179	9.885	12.830	50.393	muestra1
Count		5	5	5	5	5
Average		10.948	6.587	13.815	28.584	
Min.		8.179	1.946	12.112	9.143	
Max.		13.213	15.762	18.371	59.088	
Range		5.034	13.816	6.259	49.945	
σ		2.068	6.080	2.592	24.193	
3σ		6.203	18.240	7.776	72.579	

Figura 81: Informe del OLS4000 3D LEXT de la interface dentina - cemento de ionómero de vidrio GC Gold Label 9, con las 5 mediciones efectuadas sobre la interface dentinaria de la pared pulpar cavitaria del Grupo 6, muestra 1.

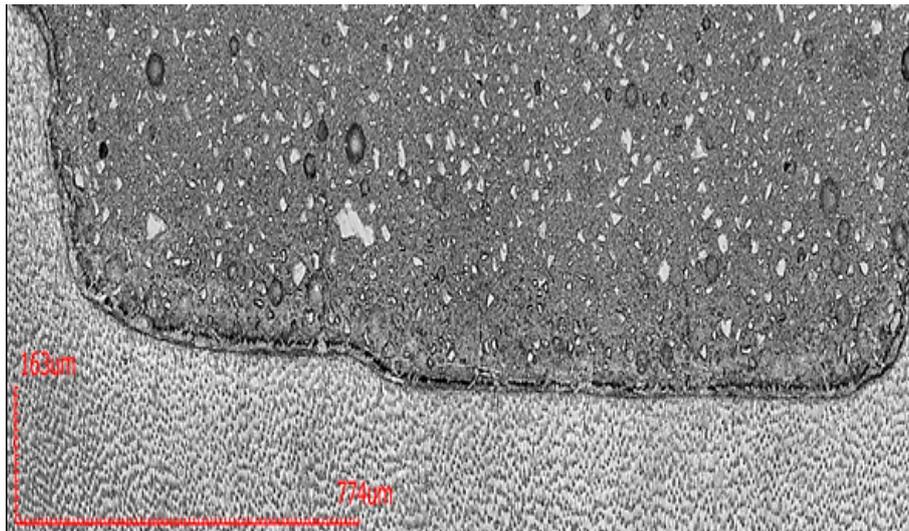


Figura 82: Micrografía de la interface dentina - cemento de ionómero de vidrio GC Gold Label 9, con fractura cohesiva, correspondiente al grupo 6, muestra 2 OLS4000 3D LEXT x860

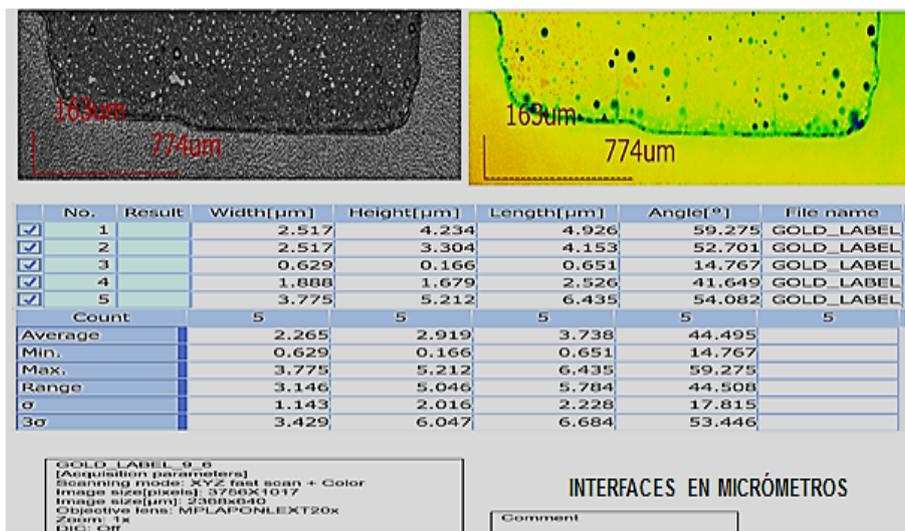


Figura 83: Reporte del OLS4000 3D LEXT de la interface dentina - cemento de ionómero de vidrio GC Gold Label 9, con las 5 mediciones efectuadas sobre la interface dentinaria de la pared pulpar cavitaria del Grupo 6, muestra 2.

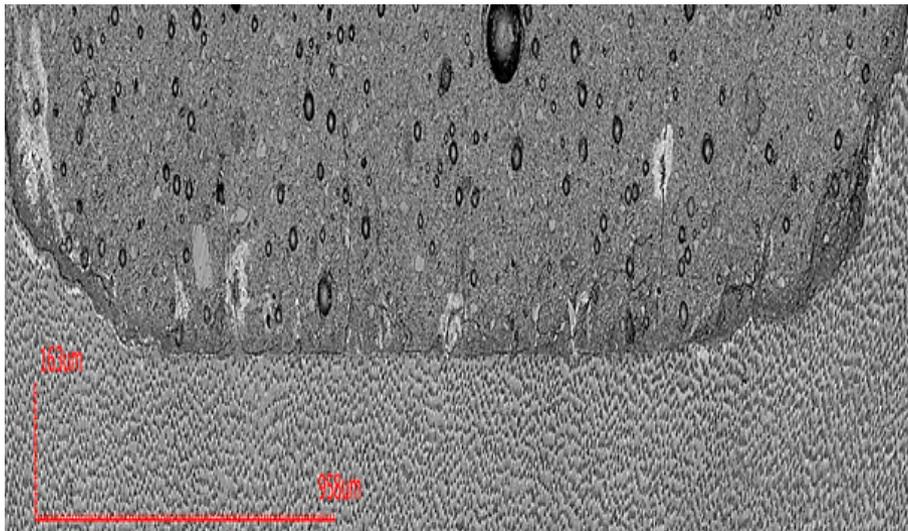


Figura 84: Interface dentina - cemento de ionómero de vidrio GC Gold Label 9, con fractura cohesiva, que corresponde al grupo 6, muestra 3; nótese la adecuada adaptación a la pared dentinaria. OLS4000 3D LEXT x860

No.	Result	Width[μm]	Height[μm]	Length[μm]	Angle[$^\circ$]	File name
<input checked="" type="checkbox"/>	1	3.146	4.249	5.287	53.484	muestra3
<input checked="" type="checkbox"/>	2	1.888	3.244	3.753	59.805	muestra3
<input checked="" type="checkbox"/>	3	1.888	3.216	3.729	59.587	muestra3
<input checked="" type="checkbox"/>	4	0.629	1.577	1.698	68.247	muestra3
<input checked="" type="checkbox"/>	5	0.629	0.213	0.664	18.669	muestra3
Count		5	5	5	5	5
Average		1.636	2.500	3.026	51.958	
Min.		0.629	0.213	0.664	18.669	
Max.		3.146	4.249	5.287	68.247	
Range		2.517	4.036	4.623	49.578	
σ		1.053	1.597	1.836	19.336	
3σ		3.159	4.792	5.507	58.009	

Figura 85: Informe del OLS4000 3D LEXT de la interface dentina - cemento de ionómero de vidrio GC Gold Label 9, con las 5 mediciones efectuadas sobre la interface dentinaria de la pared pulpar cavitaria del Grupo 6, muestra 3.



Figura 86: Micrografía de la interface dentina - cemento de ionómero de vidrio GC Gold Label 9, que pertenece al grupo 6, muestra 4. OLS4000 3D LEXT x860

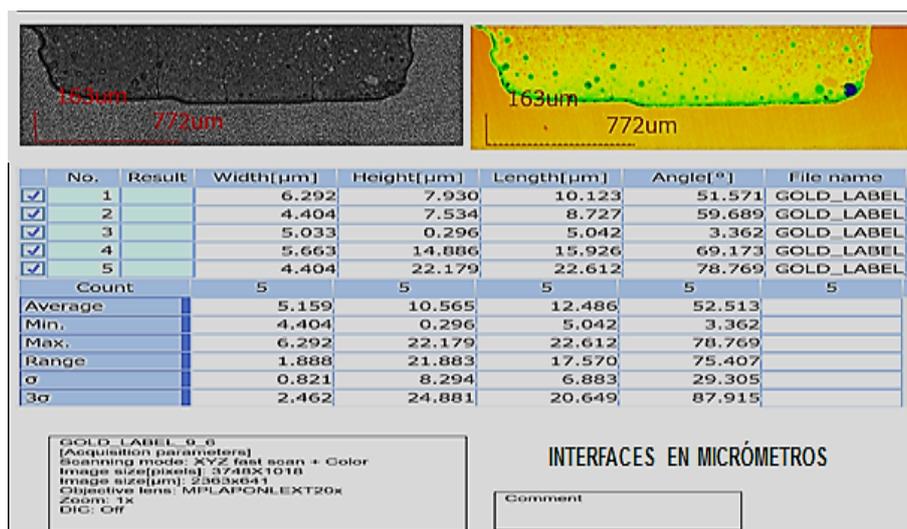


Figura 87: Informe del OLS4000 3D LEXT de la interface Dentina - cemento de ionómero de vidrio GC Gold Label 9, con las 5 mediciones efectuadas sobre la interface dentinaria de la pared pulpar cavitaria del Grupo 6, muestra 4.

- g) La interrelación estadística entre las muestras del Grupo 1 (Fuji Lining LC), con el grupo 2 (Vitremmer), fue estadísticamente significativa con $p < 0.01$. (Figuras 88, 89, 90).

INTERFACES DE ADHESIÓN A DENTINA DE CEMENTOS DE IONÓMEROS DE VÍTREOS CONVENCIONALES, DE ALTA VISCOSIDAD Y MODIFICADOS CON RESINAS								
MATERIALES	N	Media	SD	SE	Min	Max	Median	Var
Fuji Lining LC	30	4,82	2,81	0,51	0,23	9,80	2,51	7,90
Vitremer	30	7,88	3,70	0,67	1,25	14,23	7,55	13,69

Figura 88: Interfaces registradas en micrómetros a nivel de la pared pulpar cavitaria, pertenecientes a los grupos 1 y 2, con sus respectivos término medio, desviación estándar, error estándar, grados de libertad, mediana y varianza.

ANOVA nivel $< > 0.05$			
ANOVA selección entre columnas Grupo 1 (Fuji lining LC) y Grupo 2 (Vitremmer)			
GRUPOS	MEDIA	VARIANZA	N
Fuji Lining LC	4,82533	2.090.353	30
Vitremer	7,88367	3.743.236	30
F	p		
4.81	< 0.01	Las diferencias son significativas	

Figura 89: Análisis de Varianza ANOVA de las interfaces en micrómetros obtenidas entre los Grupos 1 y 2, con el cotejo de F y significación de p.

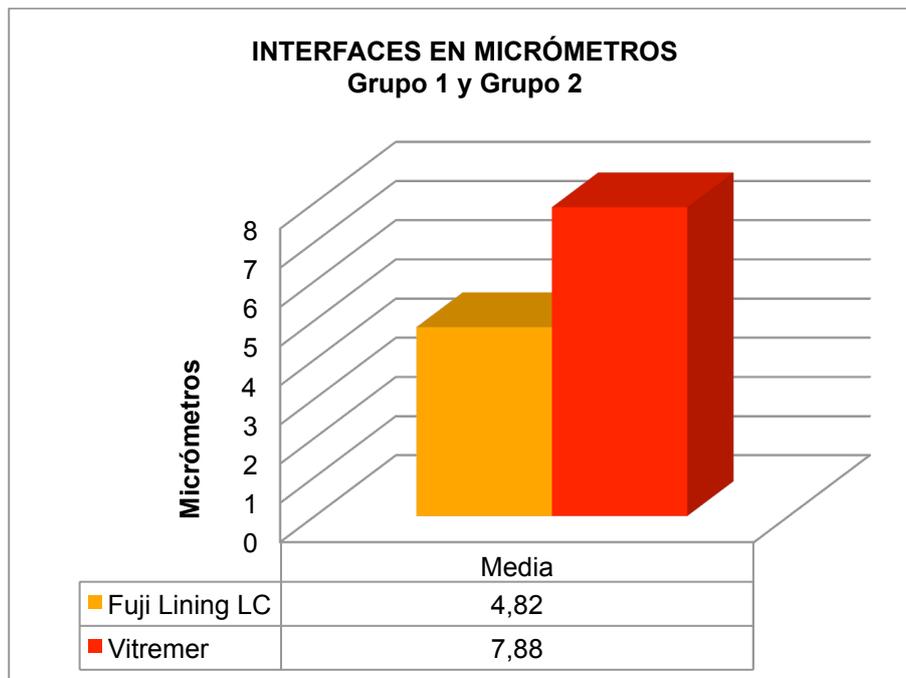


Figura 90: Gráfico estadístico donde se observan los términos medios de las interfaces comparativas en micrómetros de los grupos 1 y 2.

- h) La comparación estadística entre las interfaces del Grupo 1 (Fuji Lining LC), con el grupo 3 (EQUIA Fil), fue estadísticamente significativa con $p < 0.001$. (Figuras 91, 92, 93).

INTERFACES DE ADHESIÓN A DENTINA DE CEMENTOS DE IONÓMEROS DE VÍTREOS CONVENCIONALES, DE ALTA VISCOSIDAD Y MODIFICADOS CON RESINAS								
MATERIALES	N	Media	SD	SE	Min	Max	Median	Var
FUJI LINING LC	30	4,82	2,81	0,51	0,23	9,80	2,51	7,90
EQUIA FIL	30	0,38	0,37	0,06	0,01	1,14	0,23	0,14

Figura 91: Interfaces registradas en micrómetros a nivel de la pared pulpar cavitaria, pertenecientes a los grupos 1 y 3; obsérvese los valores del término medio, desviación estándar, error estándar, grados de libertad, mediana y varianza.

ANOVA nivel > 0.05			
ANOVA selección entre columnas Grupo 1 (Fuji lining LC) y Grupo 3 (EQUIA Fill)			
GRUPOS	MEDIA	VARIANZA	N
Fuji Lining LC	4,82533	2.090.353	30
EQUIA Fil	0,38967	0.144426	30
F	p		
28.04	< 0.001	La diferencias son significativas	

Figura 92: Análisis de Varianza ANOVA de las interfaces en micrómetros entre los Grupos 1 y 3, con la verificación de F y la significación de p.

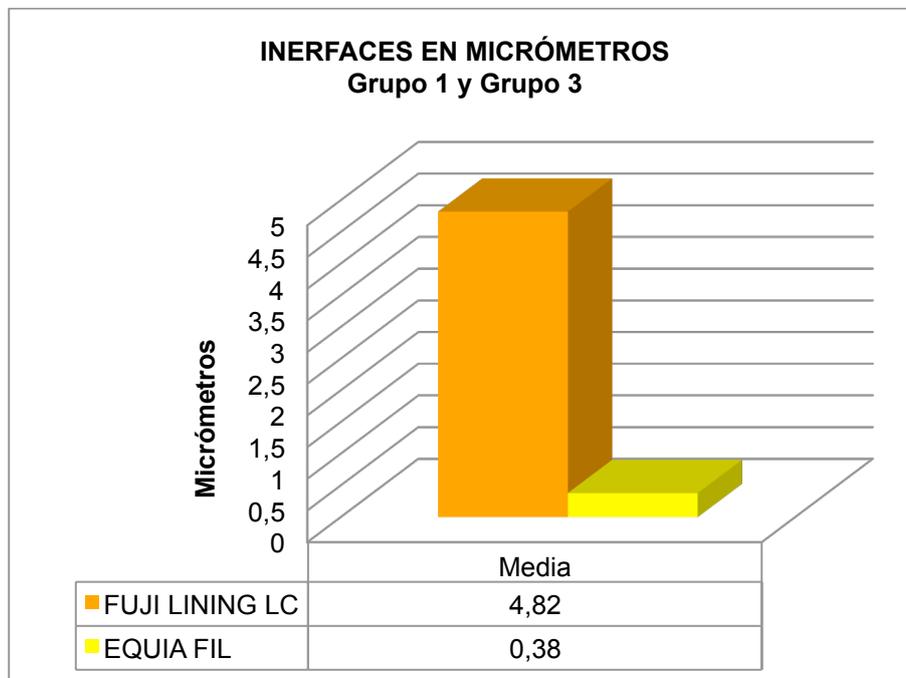


Figura 93: Gráfico estadístico donde se observan los términos medios de las interfaces comparativas en micrómetros de los grupos 1 y 3.

- i) La interrelación estadística entre el Grupo 1 (Fuji Lining LC), con el grupo 4 (Ketac Molar Easymix), las diferencias no fueron estadísticamente significativas con $p > 0.05$. (Figuras 94, 95, 96).

INTERFACES DE ADHESIÓN A DENTINA DE CEMENTOS DE IONÓMEROS DE VÍTREOS CONVENCIONALES, DE ALTA VISCOSIDAD Y MODIFICADOS CON RESINAS								
MATERIALES	N	Media	SD	SE	Min	Max	Median	Var
FUJI LINING LC	30	4,82	2,81	0,51	0,23	9,80	2,51	7,90
KETAC MOLAR EASYMIX	30	2,70	1,78	0,32	0,67	7,88	2,37	3,17

Figura 94: Interfaces comparativas registradas en micrómetros a nivel de la pared pulpar cavitaria, pertenecientes a los grupos 1 y 4. Se observan los valores del término medio, desviación estándar, error estándar, grados de libertad, mediana y varianza.

ANOVA nivel > 0.05			
ANOVA selección entre columnas Grupo 1 (Fuji lining LC) y Grupo 4 (Ketac Molar Easymix)			
GRUPOS	MEDIA	VARIANZA	N
Fuji Lining LC	4,8253	2,0903	30
Ketak Molar Easimix	2,7006	1,8197	30
F	p		
7.76	> 0.05	Las diferencias no son significativas	

Figura 95: Análisis de Varianza ANOVA de las interfaces en micrómetros entre los Grupos 1 y 4, con el contraste F y significación de p.

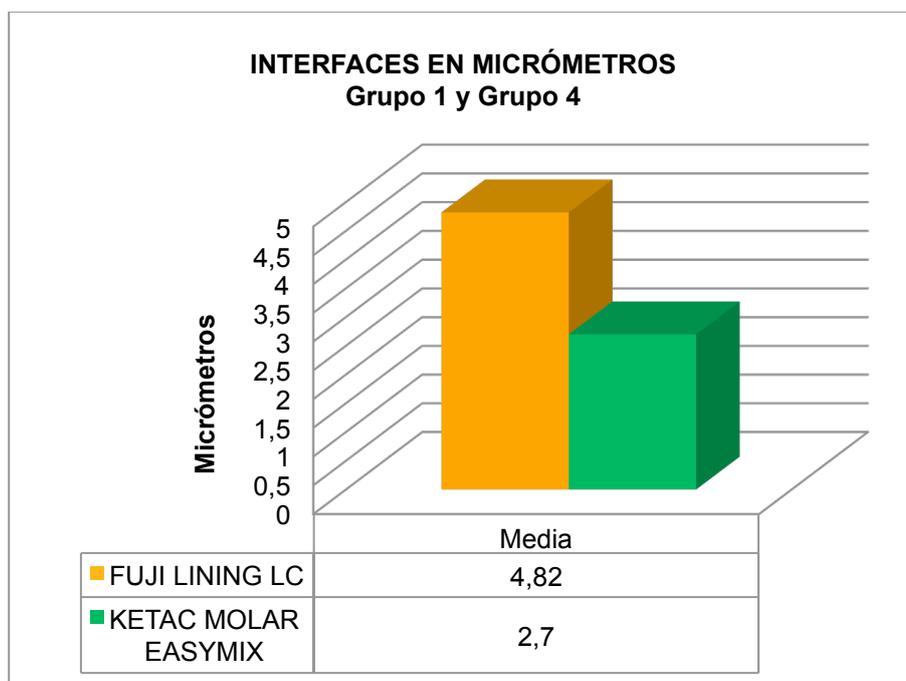


Figura 96: Gráfico estadístico comparativo entre los grupos 1 y 4, donde se observan los términos medios de las interfaces en micrómetros.

- j) La comprobación entre el Grupo 1 (Fuji Lining LC), con el grupo 5 (Ionofil Molar), no fueron estadísticamente significativa con $p > 0.05$. (Figuras 97, 98, 99).

INTERFACES DE ADHESIÓN A DENTINA DE CEMENTOS DE IONÓMEROS DE VÍTREOS CONVENCIONALES, DE ALTA VISCOSIDAD Y MODIFICADOS CON RESINAS								
MATERIALES	N	Media	SD	SE	Min	Max	Median	Var
Fuji Lining LC	30	4,82	2,81	0,51	0,23	9,80	2,51	7,90
Ionofil Molar	30	6,31	1,93	0,35	2,65	9,43	6,71	3,75

Figura 97: Interfaces registradas en micrómetros a nivel de la pared pulpar, pertenecientes a los grupos 1 y 5. Se observan los valores comparativos entre los términos medios, desviación estándar, error estándar, grados de libertad, mediana y varianza.

ANOVA nivel > 0.05			
ANOVA selección entre columnas Grupo 1 (Fuji lining LC) y Grupo 5 (Ionofil Molar)			
GRUPOS	MEDIA	VARIANZA	N
Fuji Lining LC	4,82533	2.090.353	30
Ionofil Molar	6,31133	375.283	30
F	p		
2.07	> 0.05	Las diferencias no son significativas	

Figura 98: Análisis de Varianza ANOVA de las interfaces en micrómetros entre los Grupos 1 y 5, con la comprobación F y significación de p.

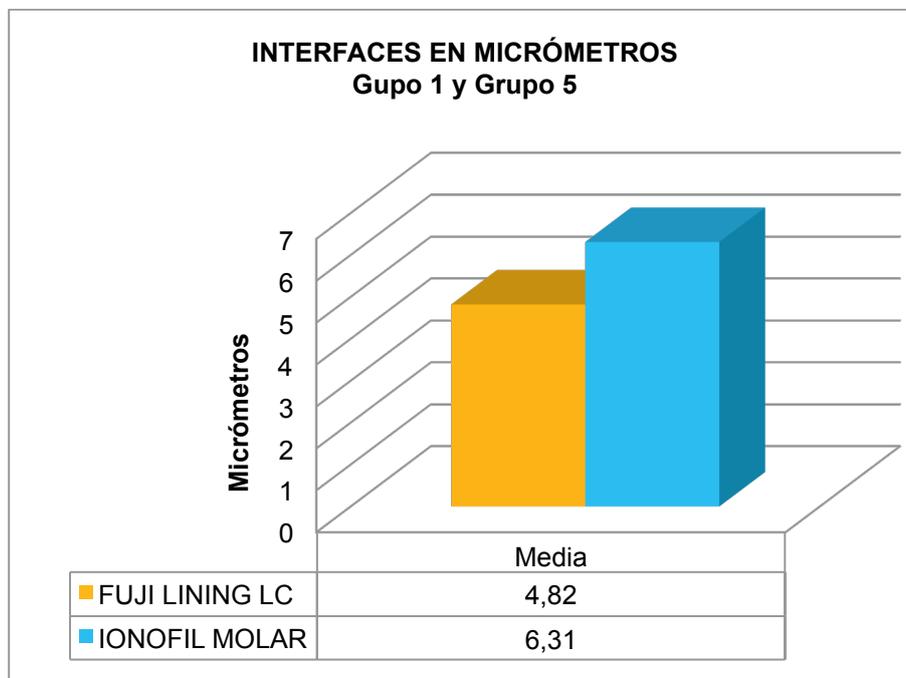


Figura 99: Gráfico estadístico de la interrelación entre los grupos 1 y 5, donde se observan los términos medios de las interfaces en micrómetros.

- k) La interrelación estadística entre las muestras del Grupo 1 (Fuji Lining LC), con el grupo 6 (Gold Label 9), fue estadísticamente significativa con $p < 0.001$. (Figuras 100, 101, 102).

INTERFACES DE ADHESIÓN A DENTINA DE CEMENTOS DE IONÓMEROS DE VÍTREOS CONVENCIONALES, DE ALTA VISCOSIDAD Y MODIFICADOS CON RESINAS								
MATERIALES	N	Media	SD	SE	Min	Max	Median	Var
Fuji Lining LC	30	4,82	2,81	0,51	0,23	9,80	2,51	7,90
CG Gold Label 9	30	1,48	0,86	0,15	0,55	3,77	1,17	0,74

Figura 100: Interfaces registradas en micrómetros a nivel de la pared pulpar, pertenecientes a los grupos 1 y 6. Se observan los valores comparativos entre los términos medios, desviación estándar, error estándar, grados de libertad, mediana y varianza.

ANOVA nivel > 0.05			
ANOVA selección entre columnas Grupo 1 (Fuji lining LC) y Grupo 6 (GC Gold Label 9)			
GRUPOS	MEDIA	VARIANZA	N
Fuji Lining LC	4,82533	2.090.353	30
GC Gold Label 9	1,48367	0.7468	30
F	p		
15.47	< 0.001	Las diferencias son significativas	

Figura 101: Análisis de Varianza ANOVA de las interfaces en micrómetros entre los Grupos 1 y 6, con el contraste F y significación de p.

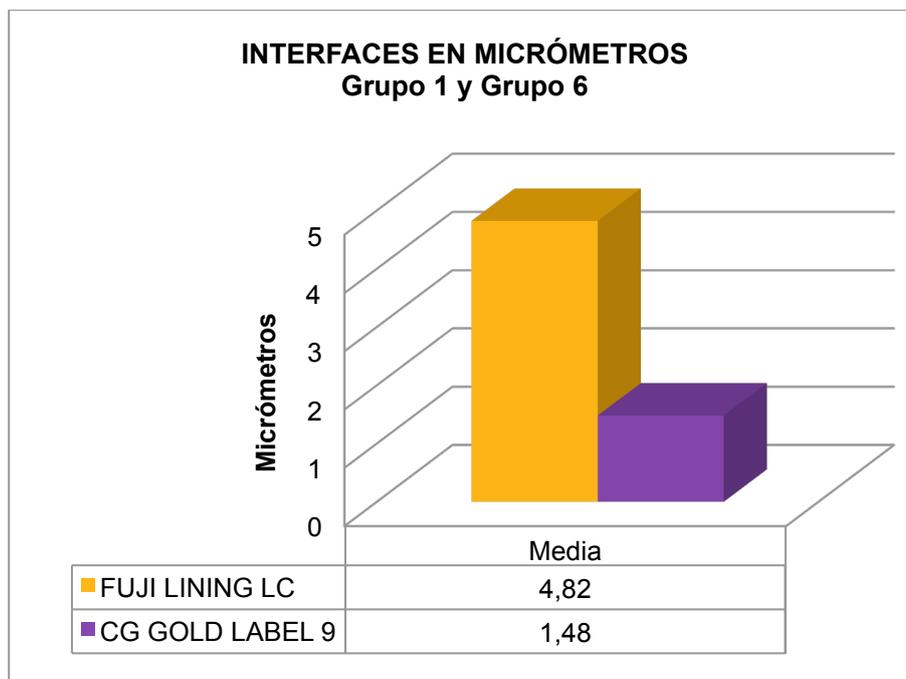


Figura 102: Gráfico estadístico de la interrelación entre los grupos 1 y 6, donde se observan los términos medios de las interfaces en micrómetros.

- I) Las interfaces del Grupo 2 (Vitremmer), comparadas con el grupo 3 (EQUIA Fil), fueron estadísticamente significativas con $p < 0.001$. (Figuras 103, 104).

ANOVA nivel > 0.05			
ANOVA selección entre columnas Grupo 2 (Vitremmer) y Grupo 3 (EQUIA Fil)			
GRUPOS	MEDIA	VARIANZA	N
Vitremmer	7,88367	3.743.236	30
EQUIA Fil	0,38967	0.14426	30
F	p		
44.83	< 0.001	Las diferencias son significativas	

Figura 103: Análisis de Varianza ANOVA de las interfaces en micrómetros entre los Grupos 2 y 3, con el contraste F y significación de p.

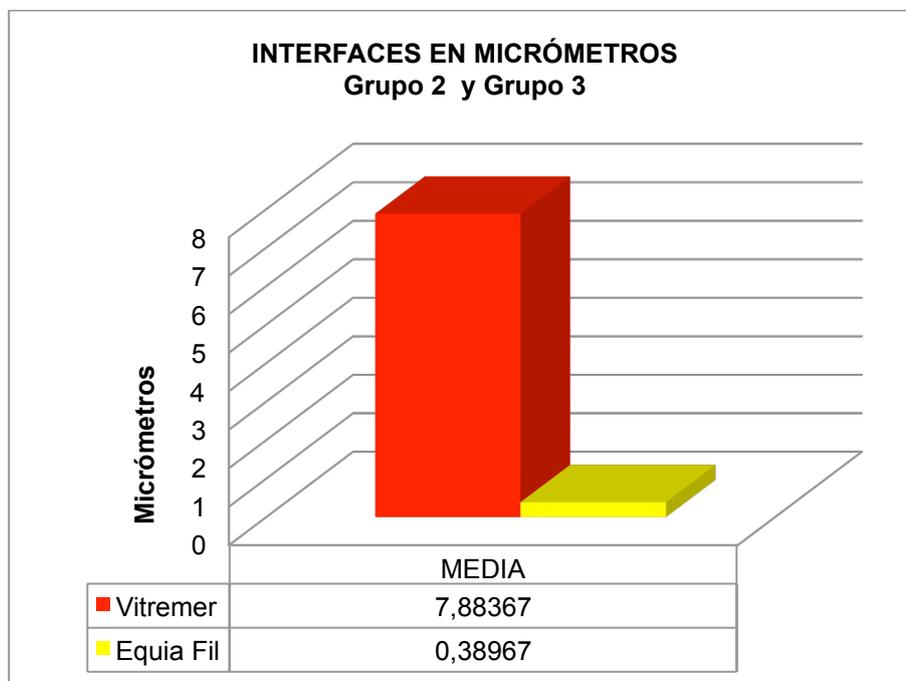


Figura 104: Gráfico estadístico de la interrelación entre los grupos 2 y 3, donde se observan los términos medios de las interfaces en micrómetros.

- m) La comparación estadística entre el Grupo 2 (Vitremar), con el grupo 4 (Ketac Molar Easymix), fue estadísticamente significativa con $p < 0.001$. (Figuras 105, 106).

ANOVA nivel > 0.05				
ANOVA selección entre columnas Grupo 2 (Vitremar) y Grupo 4 (Ketac Molar Easymix)				
GRUPOS		MEDIA	VARIANZA	N
Vitremar		7,88367	3.743.236	30
Ketac Molar Easymix		2,70067	1.811.979	30
F	p			
22.97	< 0.001	Las diferencias son significativas		

Figura 105: Análisis de Varianza ANOVA de las interfaces en micrómetros entre los Grupos 2 y 4, con el contraste F y significación de p

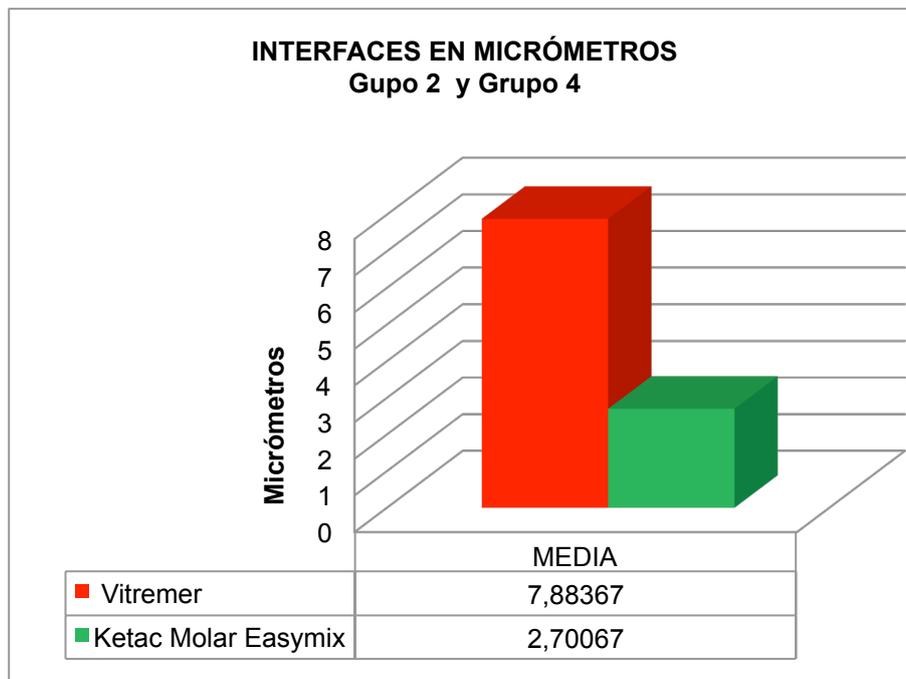


Figura 106: Gráfico estadístico de la interrelación entre los grupos 2 y 4, donde se observan los términos medios de las interfaces en micrómetros.

n) La comprobación entre el Grupo 2 (Vitremar), con el grupo 5 (Ionofil Molar), no fue estadísticamente significativa con $p > 0.05$. (Figura 107, 108).

ANOVA nivel > 0.05			
ANOVA selección entre columnas Grupo 2 (Vitremar) y Grupo 5 (Ionofil Molar)			
GRUPOS		MEDIA	VARIANZA
Vitremar		7,88367	3.743.236
Ionofil Molar		6,31133	375.283
F	p		
2.23	> 0.05	Las diferencias no son significativas	

Figura 107: Análisis de Varianza ANOVA de las interfaces en micrómetros entre los Grupos 2 y 5, con el contraste F y significación de p.

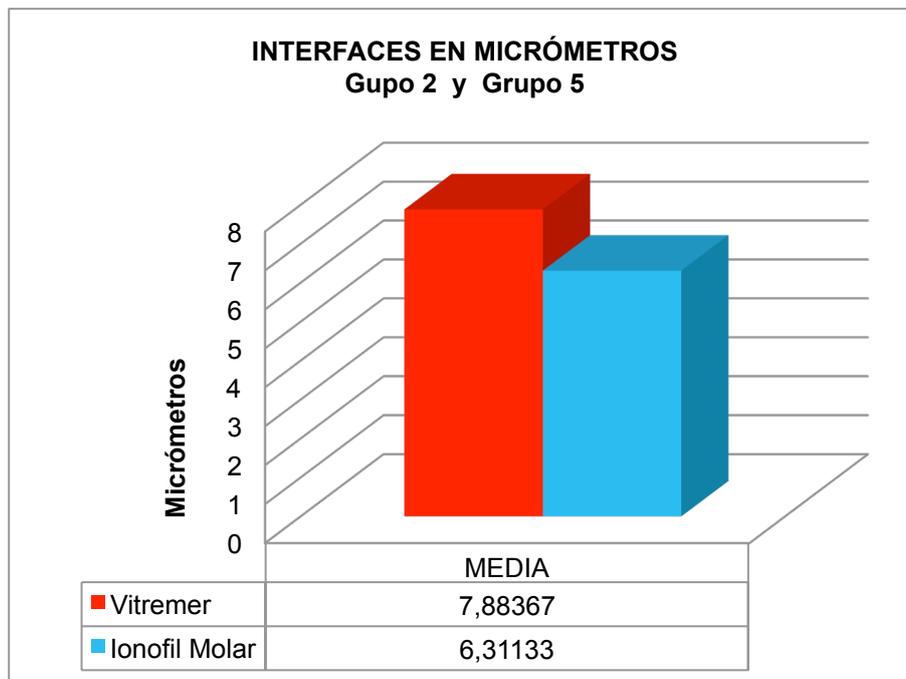


Figura 108: Gráfico estadístico de la interrelación entre los grupos 2 y 5, donde se observan los términos medios de las interfaces en micrómetros.

- o) La interrelación estadística entre las muestras del Grupo 2 (Vitremmer), con el grupo 6 (Gold Label 9), fue estadísticamente significativa con $p < 0.001$. (Figuras 109, 110).

ANOVA nivel > 0.05			
ANOVA selección entre columnas Grupo 2 (Vitremmer) y Grupo 6 (GC Gold Label 9)			
GRUPOS		MEDIA	VARIANZA
Vitremmer		7,88367	3.743.236
GC Gold Label 9		1,48367	0.746830
F	p		
32.18	< 0.001	Las diferencias son significativas	

Figura 109: Análisis de Varianza ANOVA de las interfaces en micrómetros entre los Grupos 2 y 6, con el contraste F y significación de p.

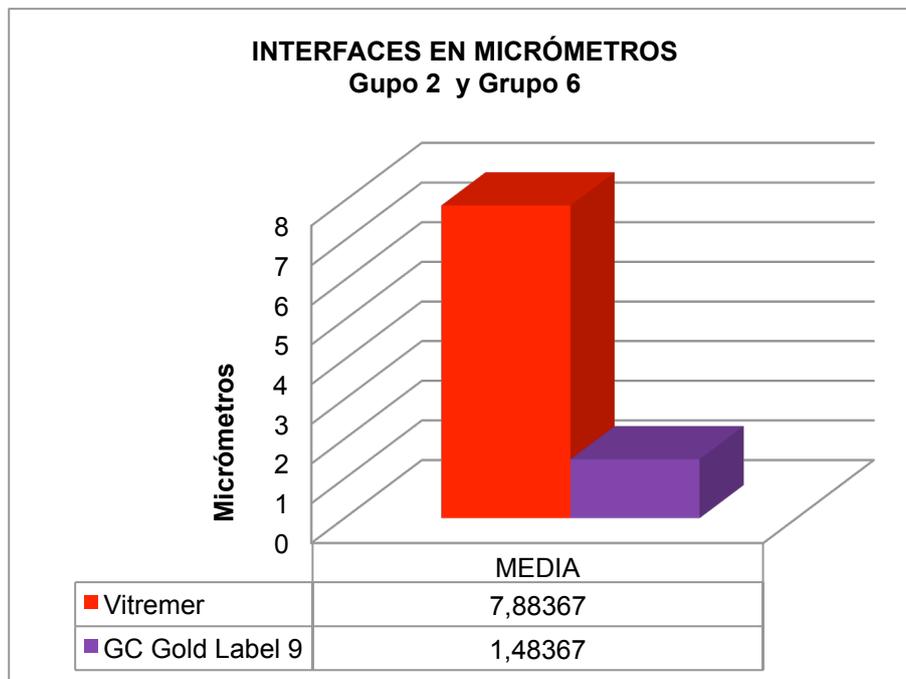


Figura 110: Gráfico estadístico de la interrelación entre los grupos 2 y 6, donde se observan los términos medios de las interfaces en micrómetros.

- p) La comparación estadística entre el Grupo 3 (EQUIA Fil), con el grupo 4 (Ketac Molar Easymix), fue estadísticamente significativa con $p < 0.001$. (Figuras 111, 112).

ANOVA nivel > 0.05			
ANOVA selección entre columnas Grupo 3 (EQUIA Fil) y Grupo 4 (Ketac Molar Easymix)			
GRUPOS	MEDIA	VARIANZA	N
EQUIA Fil	0,38967	0.14426	30
Ketac Molar Easymix	2,70067	181.979	30
F	p		
61.77	< 0.001	Las diferencias son significativas	

Figura 111: Análisis de Varianza ANOVA de las interfaces en micrómetros entre los Grupos 3 y 4, con el contraste F y significación de p.

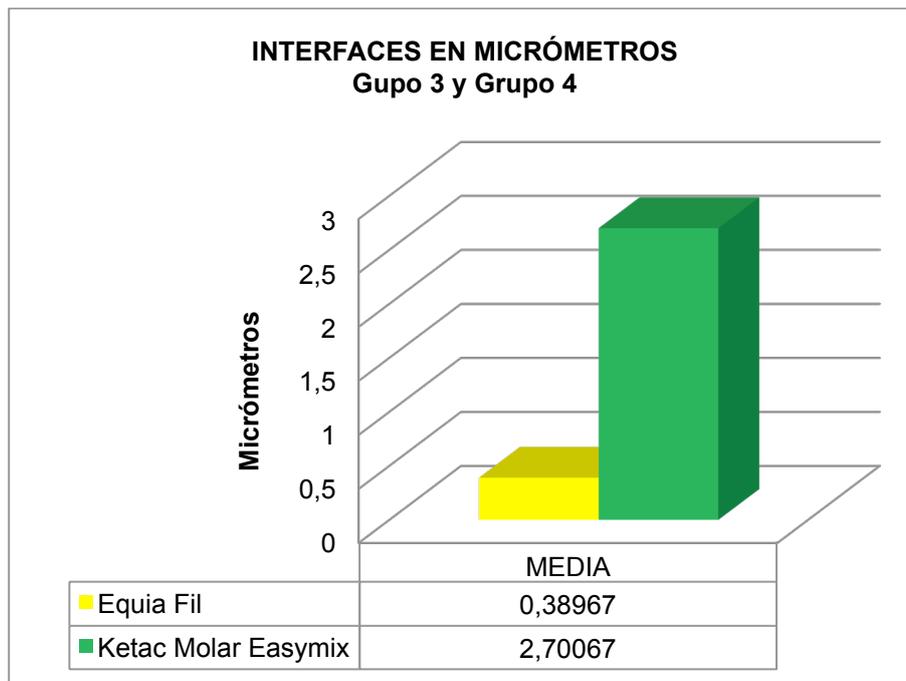


Figura 112: Gráfico estadístico de la interrelación entre los grupos 3 y 4, donde se observan los términos medios de las interfaces en micrómetros.

q) La comprobación entre el Grupo 3 (EQUIA Fil), con el grupo 5 (Ionofil Molar), fue estadísticamente significativa con $p < 0.001$. (Figuras 113, 114).

ANOVA nivel > 0.05				
ANOVA selección entre columnas Grupo 3 (EQUIA Fil) y Grupo 5 (Ionofil Molar)				
GRUPOS		MEDIA	VARIANZA	N
EQUIA Fil		0,38967	0.14426	30
Ionofil Molar		6,31133	375.283	30
F	p			
253.78	< 0.001	Las diferencias son significativas		

Figura 113: Análisis de Varianza ANOVA de las interfaces en micrómetros entre los Grupos 3 y 5, con el contraste F y significación de p.

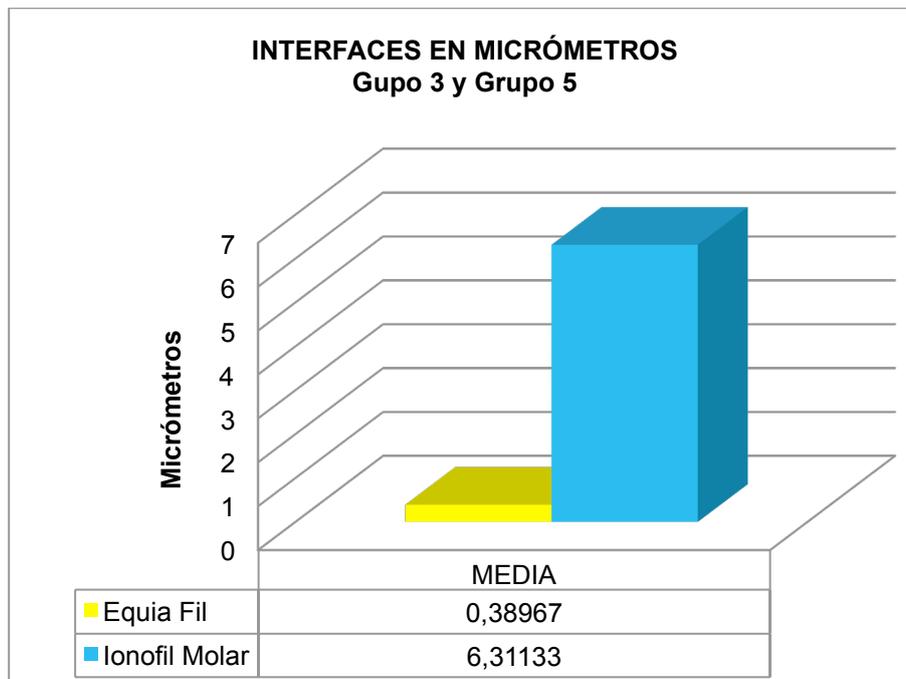


Figura 114: Gráfico estadístico de la interrelación entre los grupos 3 y 4, donde se observan los términos medios de las interfaces en micrómetros.

- r) La interrelación estadística entre el Grupo 3 (EQUIA Fil), con el grupo 6 (GC Gold Label 9), las diferencias no fue significativa con $p > 0.05$. (Figuras 115, 116).

ANOVA nivel > 0.05				
ANOVA selección entre columnas Grupo 3 (EQUIA Fil) y Grupo 6 (GC Gold Label 9)				
GRUPOS		MEDIA	VARIANZA	N
EQUIA Fil		0,38967	0.14426	30
GC Gold Label 9		1,48367	0.746830	30
F	p			
40.29	> 0.05	Las diferencias no son significativas		

Figura 115: Análisis de Varianza ANOVA de las interfaces en micrómetros entre los Grupos 3 y 6, con el contraste F y significación de p.

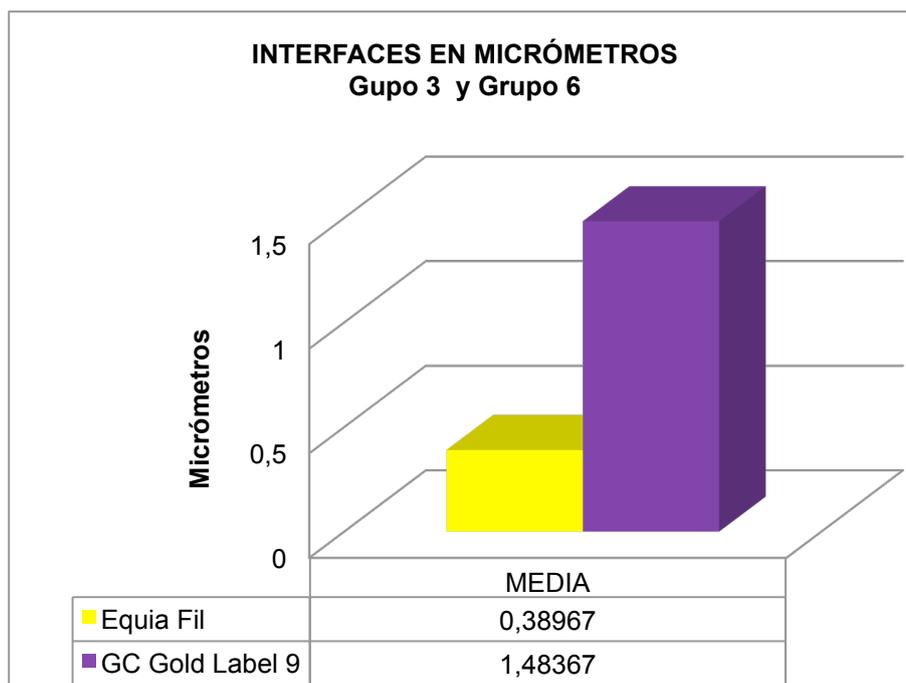


Figura 116: Gráfico estadístico de la interrelación entre los grupos 3 y 6, donde se observan los términos medios de las interfaces en micrómetros.

- s) La comparación estadística entre el Grupo 4 (Ketac Molar Easymix), con el grupo 5 (Ionofil Molar), fue altamente significativa con $p < 0.001$. (Figuras 117, 118)

ANOVA nivel > 0.05			
ANOVA selección entre columnas Grupo 4 (Ketac Molar Easymix) y Grupo 5 (Ionofil Molar)			
GRUPOS	MEDIA	VARIANZA	N
Ketac Molar Easymix	2,70067	181.979	30
Ionofil Molar	6,31133	375.283	30
F	p		
74.92	< 0.001	Las diferencias son significativas	

Figura 117: Análisis de Varianza ANOVA de las interfaces en micrómetros entre los Grupos 4 y 5, con el contraste F y significación de p.

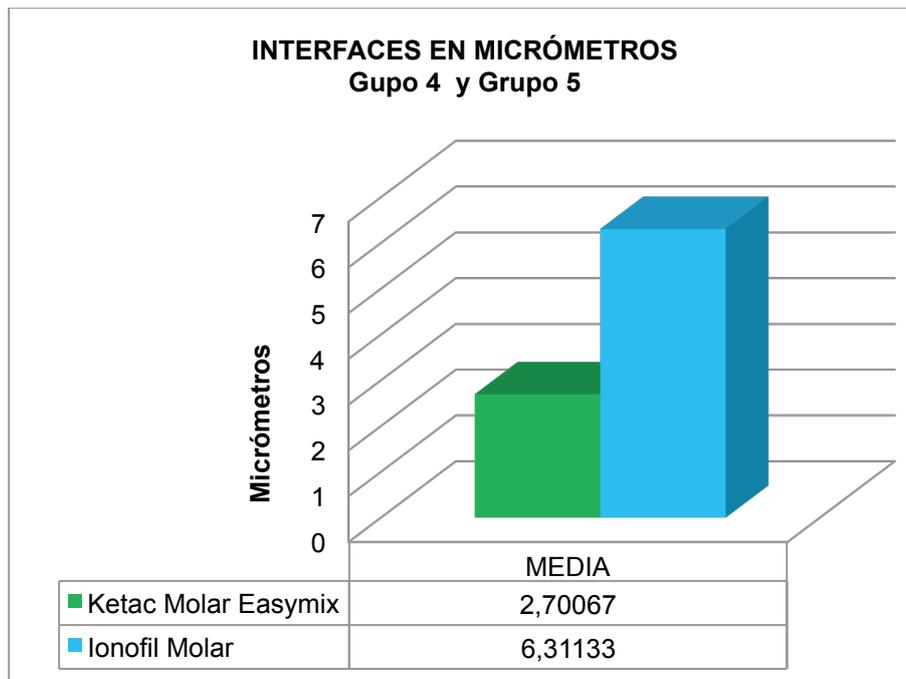


Figura 118: Gráfico estadístico de la interrelación entre los grupos 4 y 5, donde se observan los términos medios de las interfaces en micrómetros.

- t) La comparación estadística entre el Grupo 4 (Ketac Molar Easymix), con el grupo 6 (GC Gold Label 9), fue altamente significativa con $p < 0.001$. (Figuras 119, 120).

ANOVA nivel > 0.05				
ANOVA selección entre columnas Grupo 4 (Ketac Molar Easymix) y Grupo 6 (GC Gold Label 9)				
GRUPOS		MEDIA	VARIANZA	N
Ketac Molar Easymix		2,70067	181.979	30
GC Gold Label 9		1,48367	0.746830	30
F	p			
9.82	< 0.001	Las diferencias son significativas		

Figura 119: Análisis de Varianza ANOVA de las interfaces en micrómetros entre los Grupos 4 y 6, con el contraste F y significación de p.

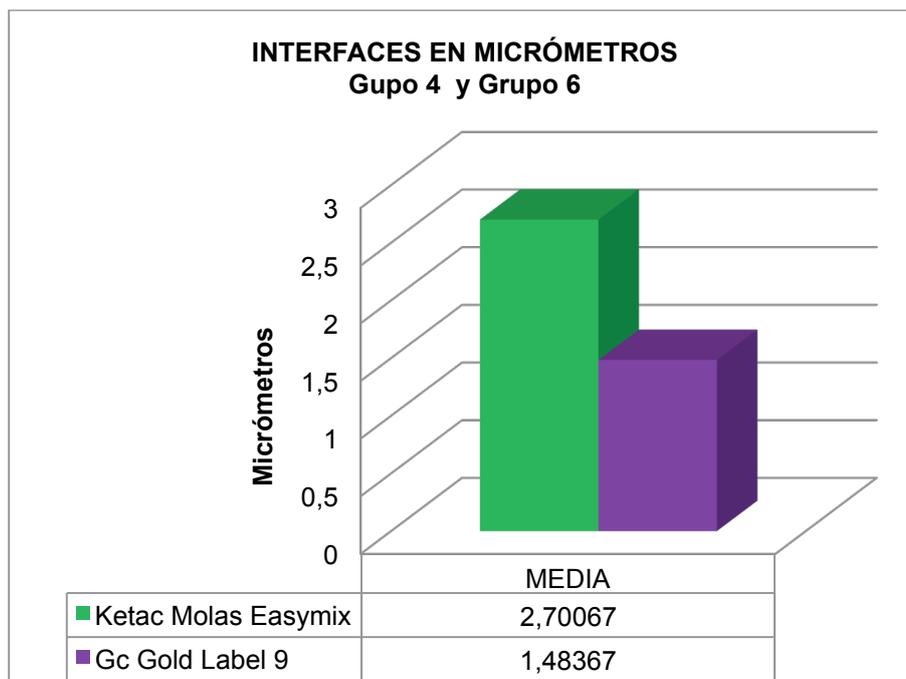


Figura 120: Gráfico estadístico de la interrelación entre los grupos 4 y 6, donde se observan los términos medios de las interfaces en micrómetros.

- u) La comprobación entre el Grupo 5 (Ionofil Molar), con el grupo 6 (GC Gold Label 9), fue estadísticamente significativa con $p < 0.001$. (Figuras 121, 122).

ANOVA nivel > 0.05				
ANOVA selección entre columnas Grupo 5 (Ionofil Molar) y Grupo 6 (GC Gold Label 9)				
GRUPOS		MEDIA	VARIANZA	N
Ionofil Molar		6,31133	375.283	30
GC Gold Label 9		1,48367	0.746830	30
F	p			
144.01	< 0.001	Las diferencias son significativas		

Figura 121: Análisis de Varianza ANOVA de las interfaces en micrómetros entre los Grupos 5 y 6, con el contraste F y significación de p.

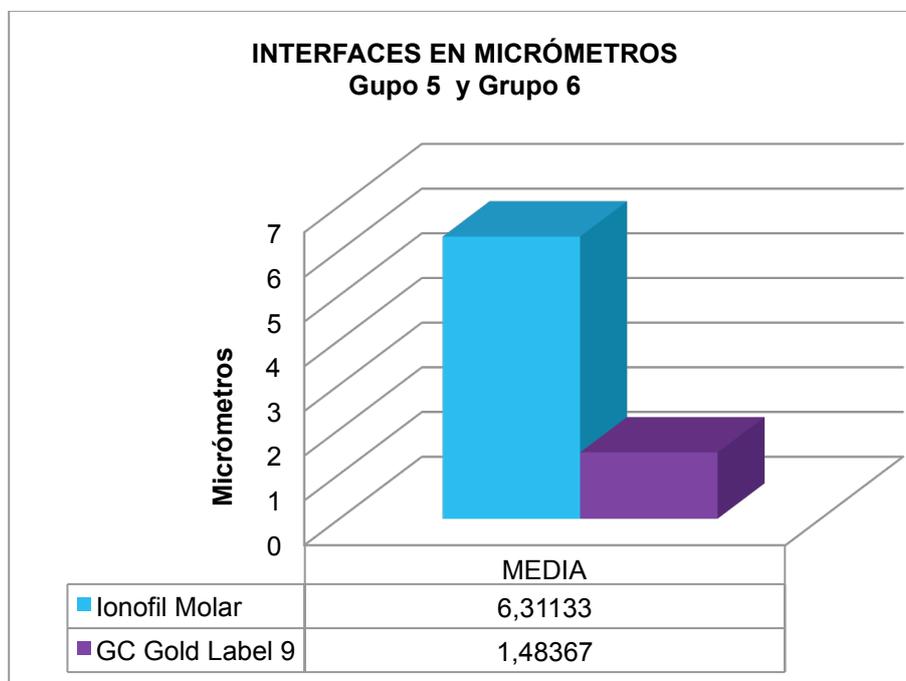


Figura 122: Gráfico estadístico de la interrelación entre los grupos 5 y 6, donde se observan los términos medios de las interfaces en micrómetros.

CONCLUSIONES

- 1) Las interfaces abiertas con mayor desadaptación correspondieron a los CIV Vitremer e Ionofil Molar, respectivamente.
- 2) Las interfaces con menor desadaptación o sellado de los túbulos dentinarios se obtuvieron con EQUIA Fil y GC Gold Label 9, respectivamente.
- 3) Las interfaces con desadaptaciones intermedias fueron registradas con Ketac Molar Easymix y Fuji Lining LC.
- 4) Ionofil Molar, Vitremer y Fuji Lining LC presentaron en su interface fracturas adhesivas, con falta de sellado de la superficie dentinaria.
- 5) Ketac Molar Easymix reveló en su interface fracturas adhesivas y cohesivas, con falta de sellado de la superficie de la dentina.
- 6) GC Gold Label 9 manifestó en su interfaces fracturas de tipo cohesivo dentro del biomaterial, donde el sellado de la superficie de la dentina no fue afectado.
- 7) EQUIA Fil presentó en sus interfaces mínimas fracturas de tipo cohesivo, donde el sellado de los túbulos dentinarios no fue perjudicado.

B) ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS CEMENTOS DE IONÓMERO DE VIDRIO CONVENCIONALES, DE ALTA VISCOSIDAD Y MODIFICADOS CON RESINAS

Con el objeto de evaluar la estructura interna de los CIV involucrados en esta investigación, las muestras fueron observadas mediante microscopía laser confocal de barrido por reflexión OLS LEXT 4000 (Olympus, Japan), de LAMARX.

Terminado este estudio no destructivo dos dientes de cada grupo fueron sometidos a punto crítico a través de etanol con gradientes ascendentes de 55.0, 60.0, 70.0, 75.0, 80.0, 85.0, 90.0, 95.0% y finalmente acetona al 100.0%, para posteriormente ser metalizados con una capa de 0.02 μ m de carbono con un metalizador, para ser evaluados y analizados a través de imágenes del Espectrómetro EDS del FEG SEM (Zeiss Sigma, Germany), observados con Microscopio Electrónico de Barrido de Emisión de Campo FEG SEM (Zeiss, Germany) y cuantificados con el software AZtec 3.0 (Oxford Instruments NanoAnalysis, England). (LAMARX Universidad Nacional de Córdoba).

Con la aplicación de estas tecnologías, se pudieron determinar los siguientes resultados:

RESULTADOS

a) **GC Fuji Lining LC** tiene en su composición química una resina monomérica fotopolimerizable que estaría indicada dentro de la estructura por el porcentaje de Carbono. Presenta un soporte de forma tubular con islotes alargados e irregulares, donde está contenida la resina polimérica, conformando una red espacial que incluye y engloba al vidrio ionomérico. Contiene en porcentaje: C 27.32; O 45.61; Mg 1.08; Na 0.15; Al 1.92; Si 5.30; P 1.74; Ca 3.49 y Sr 1.85. (Figuras 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131).

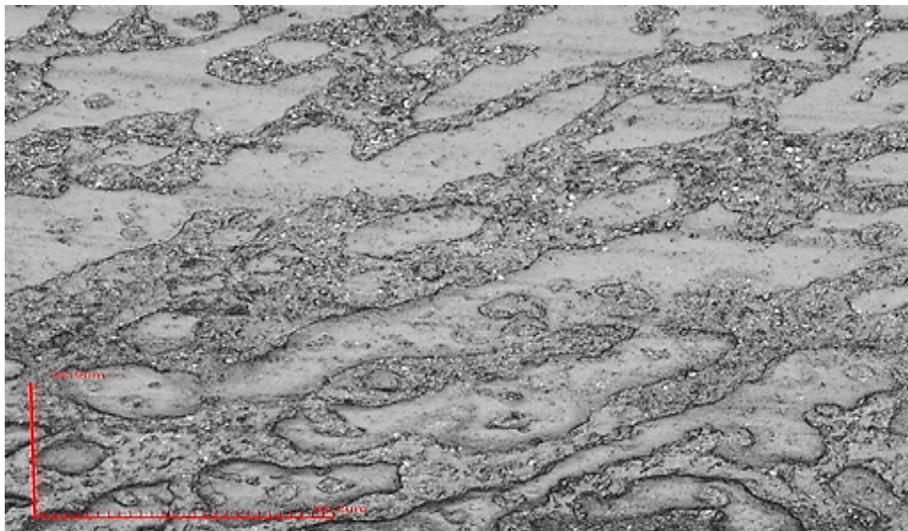


Figura 123: Micrografía de la estructura del GC Fuji Lining LC. OLS4000 3D LEXT x1260. Obsérvese la presencia de la estructura tubular con islotes irregulares donde está contenida la resina monomérica.

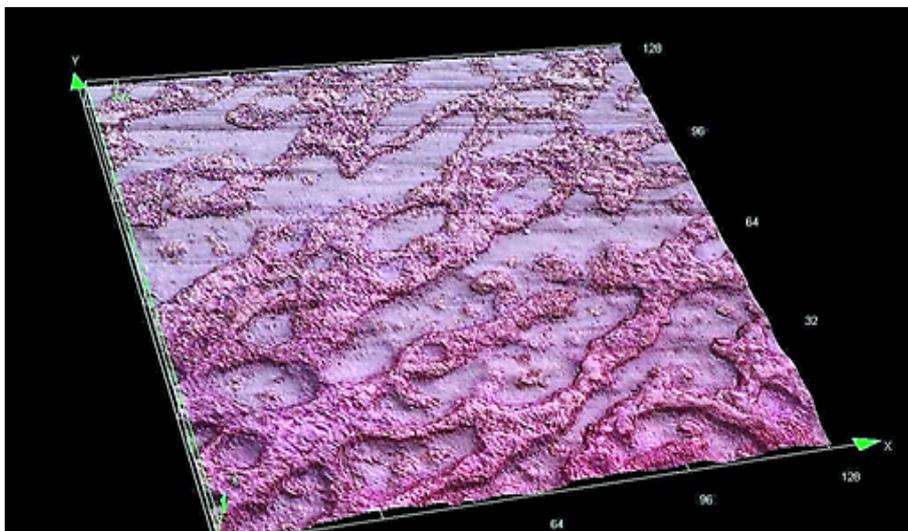


Figura 124: Estructura del GC Fuji Lining LC en imagen tridimensional. OLS4000 3D LEXT x1260

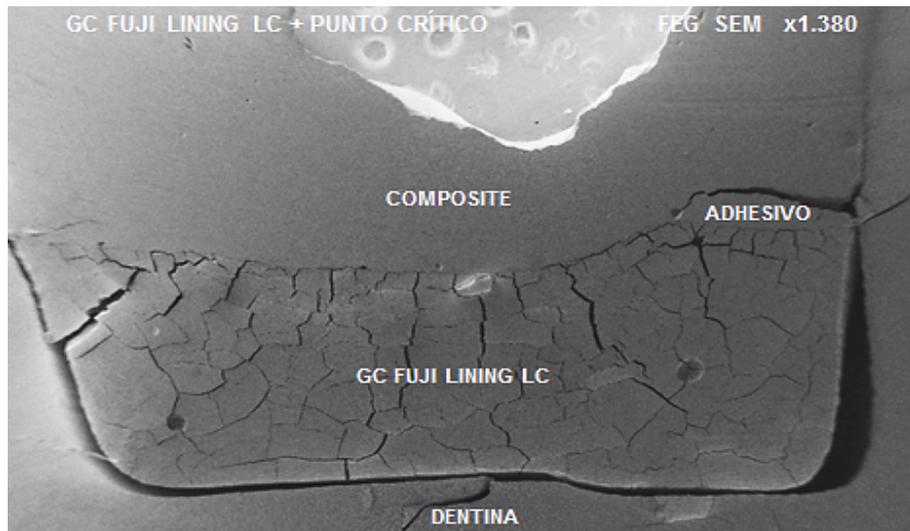


Figura 125: Micrografía con FEG SEM del GC Fuji Lining LC, donde se analizó con EDS, su composición química. Nótese la separación de la interface CIVMR y dentina. La microfracturación interna es producto del alto vacío del SEM. Estas grietas se generaron a pesar del punto crítico al que fueron sometidas las muestras

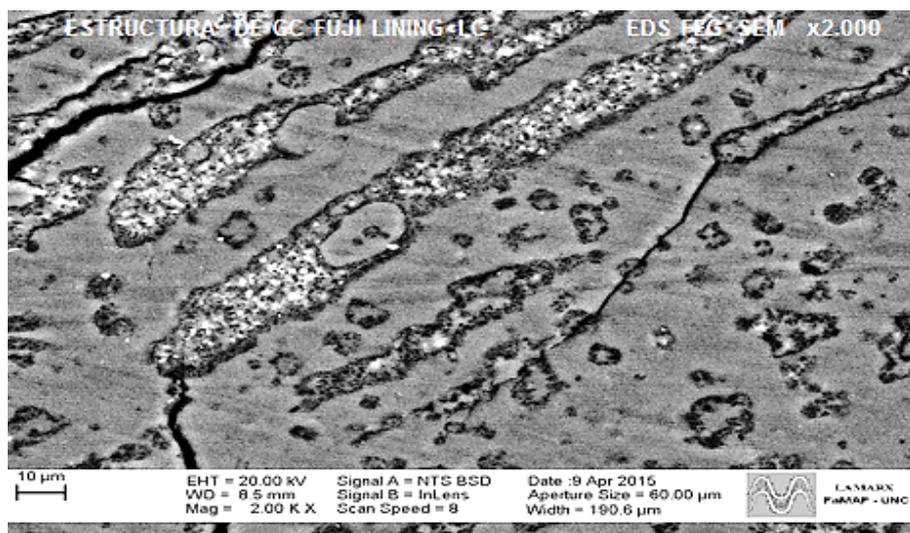


Figura 126: Estructura del GC Fuji Lining LC con FEG SEM, donde se realizaron las imágenes de la composición química x2000

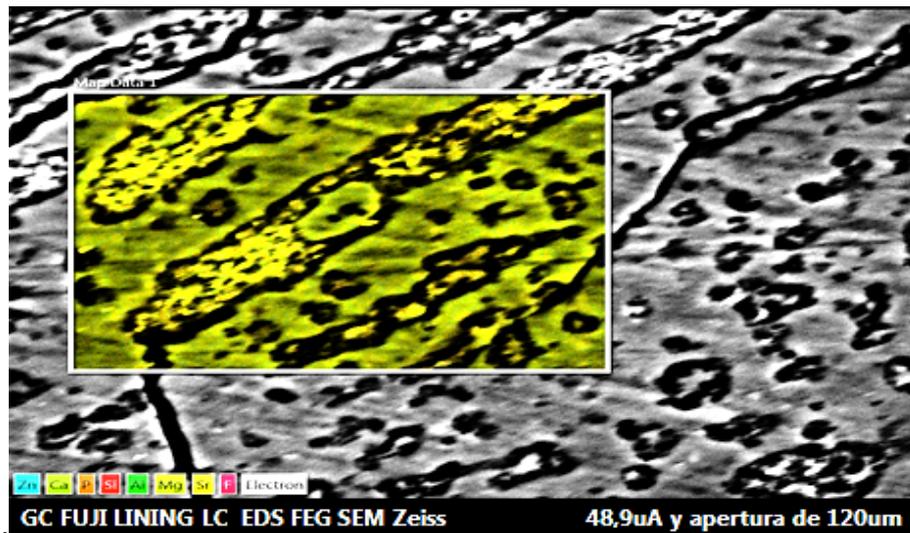


Figura 127: Estructura del GC Fuji Lining LC con la zona elegida de color amarillo-verdoso donde se analizó la composición química mediante imágenes con EDS.

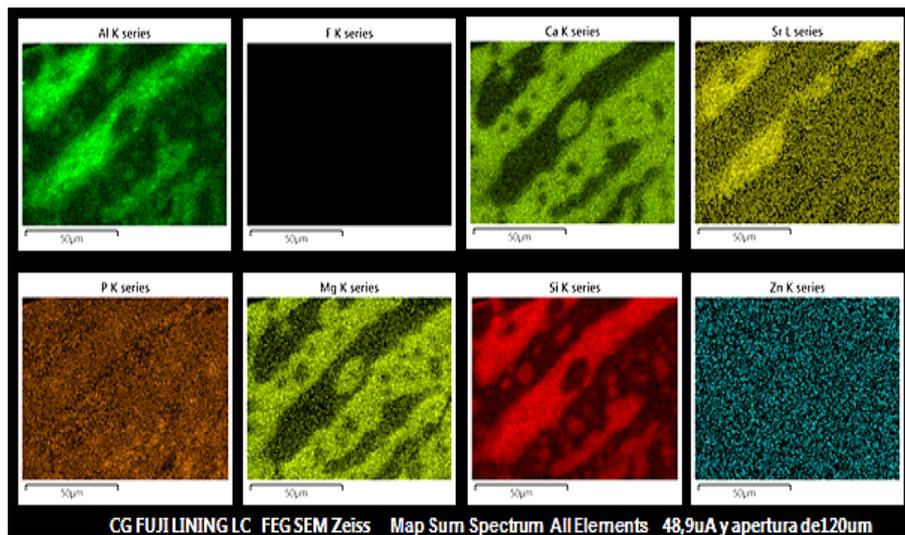


Figura 128: Imágenes de los elementos atómicos que constituyen la composición química del GC Fuji Lining LC con EDS. Se destacan de izquierda a derecha Aluminio, Fluoruro, Calcio, Estroncio, Fósforo, Magnesio, Silicio y Zinc.

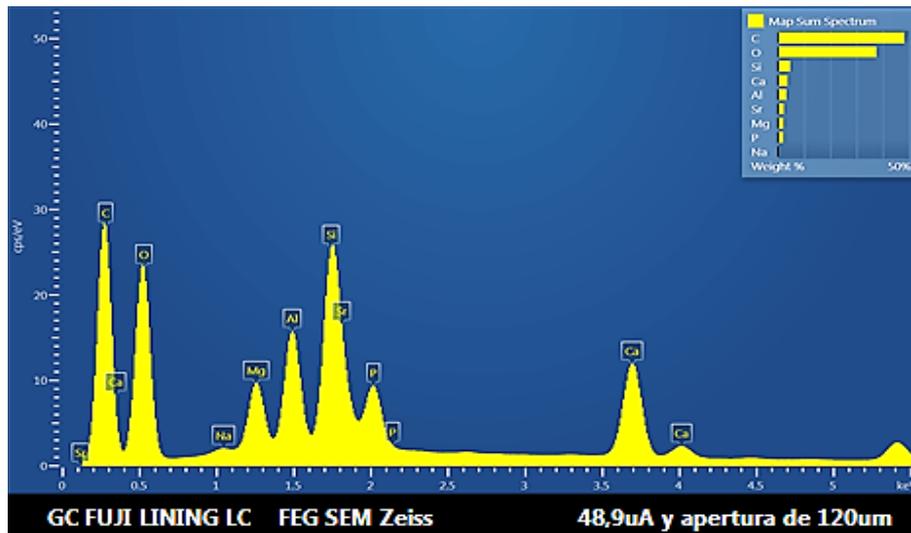


Figura 129: Espectro de emisión de la composición química de GC Fuji Lining LC con EDS.

GC FUJI LINING LC COMPOSICIÓN QUÍMICA					
Fórmula	ms %	mol %	Sigma	Net	Line
C	27.32	48.25	0.09	012200	K
O	45.61	37.46	0.08	0.06290	K
Mg	1.08	1.56	0.00	0.01083	K
Na	0.15	0.12	0.00	0.00063	K
Al	1.92	2.77	0.01	0.01923	K
Si	5.30	4.80	0.01	0.01923	K
P	1.74	2.81	0.01	0.03220	K
Ca	3.49	3.79	0.01	0.03157	K
Sr	1.85	2.27	0.02	0.01626	L
Total	103.53				

ms%: porcentaje de masa; mol%: porcentaje atómico; Sigma: error; Net: cuentas medidas; Line: línea de emisión

Figura 130: Composición química de GC Fuji Lining LC obtenida con EDS.

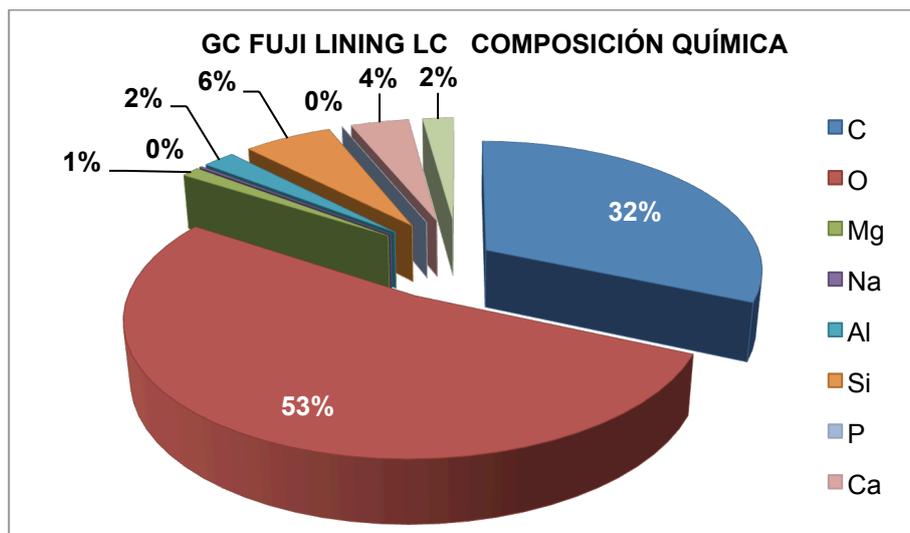


Figura 131: Gráfico estadístico de la composición química de GC Fuji Lining LC con EDS.

b) **Vitremer** posee en su composición química resinas monoméricas fotopolimerizables que estarían indicadas por el porcentaje de Carbono dentro del material. Presenta una estructura cristalina con cristales de diferentes formas y tamaños. Contiene en porcentaje: C 20.52; O 57.46; F 3.11; Mg 0.55; Na 0.69; Al 4.65; Si 9.76; P 1.37; Ca 2.81 y Sr 4.98. (**Figuras 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138**).

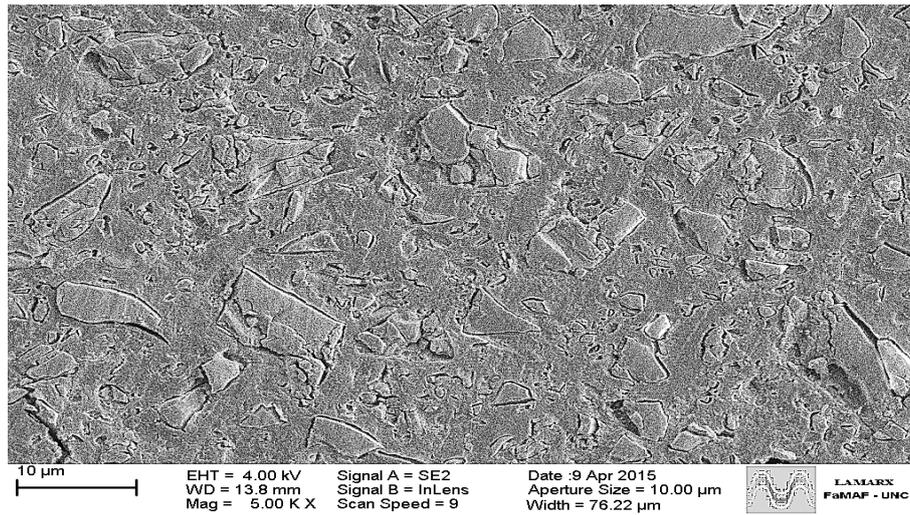


Figura 132: Micrografía obtenida con FEG SEM de Vitremer, donde se analizó con EDS su composición química.

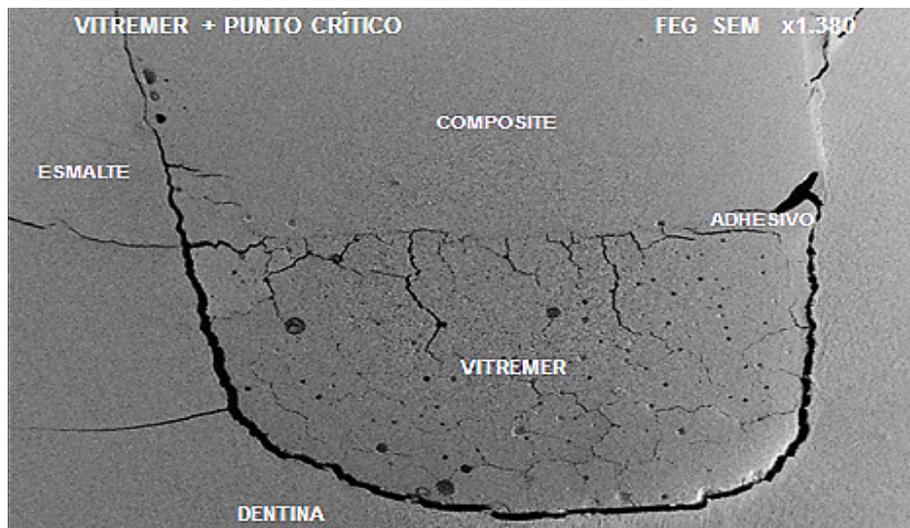


Figura 133: Micrografía obtenida con FEG SEM de Vitremer, donde se analizó con EDS su composición química. Nótese la separación de la interfase CIVMR y dentina. La microfracturación interna es producto del alto vacío del SEM. Estas grietas se generaron a pesar del punto crítico al que fueron sometidas las muestras.

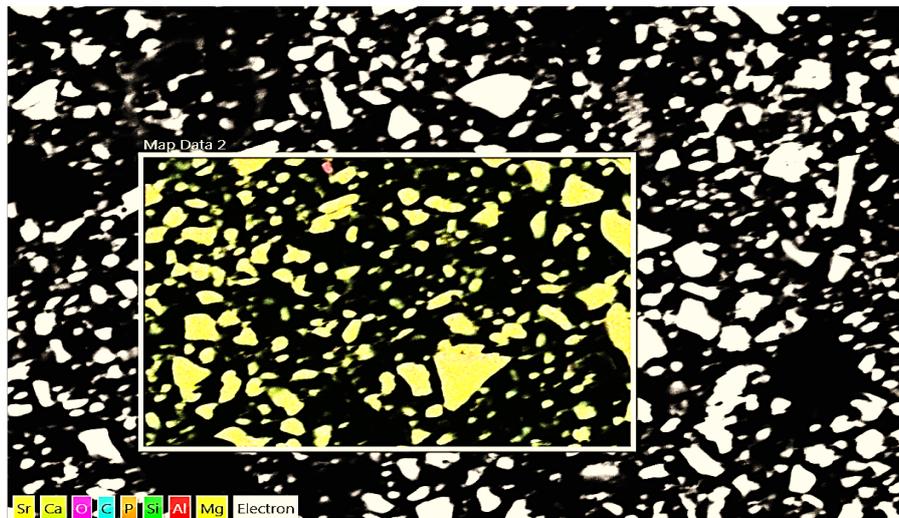


Figura 134: Estructura de Vitremer con la zona elegida de color amarillo-verdoso donde se analizó su composición química mediante imágenes de rayos X con EDS x2000.

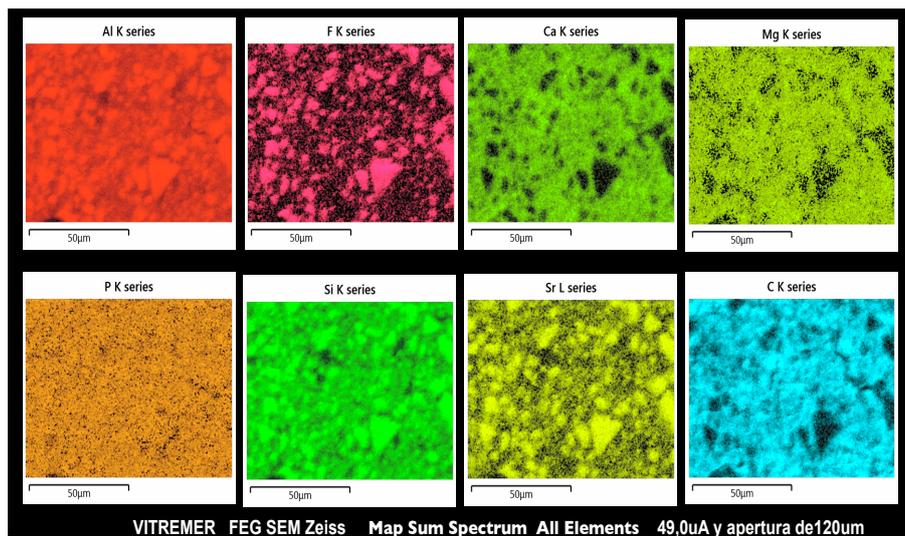


Figura 135: Imágenes de rayos X por EDS de los elementos atómicos que constituyen la composición química de Vitremer. Se destacan de izquierda a derecha Aluminio, Fluoruro, Calcio, Magnesio, Fósforo, Silicio, Estroncio y Zinc.

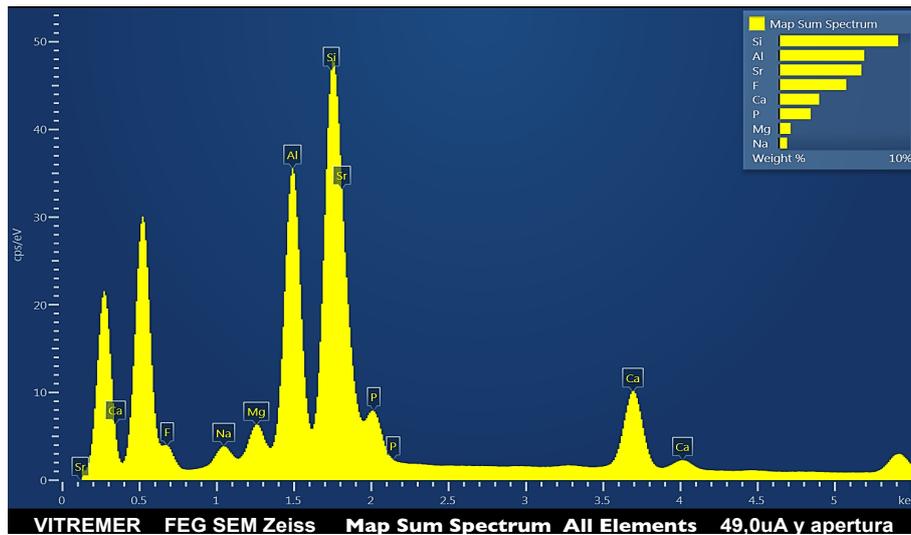


Figura 136: Espectro de emisión de rayos X obtenido con EDS de la composición química de Vitremer.

VITREMER COMPOSICIÓN QUÍMICA					
Formula química	ms %	mol %	Sigma	Net	Line
C	20.52	48.02	0.11	0.09161	K
O	57.46	42.72	0.09	0.07925	K
F	3.11	4.63	0.04	0.00611	K
Mg	0.55	1.07	0.01	0.00552	K
Na	0.69	0.81	0.01	0.00294	K
Al	4.65	7.43	0.01	0.04649	K
Si	9.76	8.62	0.01	0.05925	K
P	1.37	1.71	0.01	0.10960	K
Ca	2.81	2.95	0.01	0.02545	K
Sr	4.98	6.04	0.02	0.04385	L
Total	124.00				

ms%: porcentaje de masa; mol%: porcentaje atómico; Sigma: error; Net: cuentas medidas; Line: línea de emisión

Figura 137: Composición química de Vitremer con EDS.

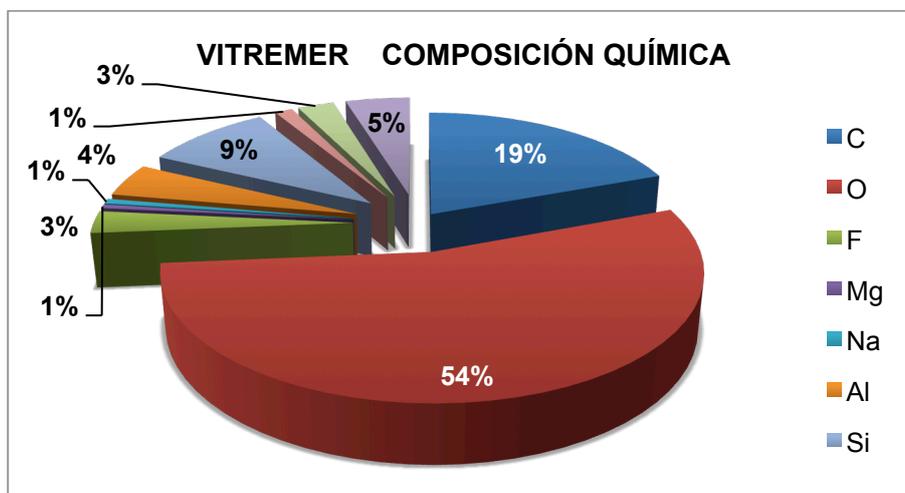


Figura 138: Gráfico estadístico de la composición química de Vitremer obtenida con EDS.

c) **EQUIA Fil** no contiene en su composición resinas monoméricas lo que indica que es un cemento de ionómero de vidrio convencional de alta viscosidad. Presenta una estructura cristalina integrada por cristales grandes, medianos, pequeños y esferas que contienen gránulos de Zirconio. Estas esferas no existen en el polvo de ionómero, sino que se formarían durante la mezcla por atracción físico-molecular. Contiene en porcentaje: F 27.45; Al 28.34; Si 19.78; P 12.83; Ca 6.01 y Zr 5.59. (**Figuras 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145**).

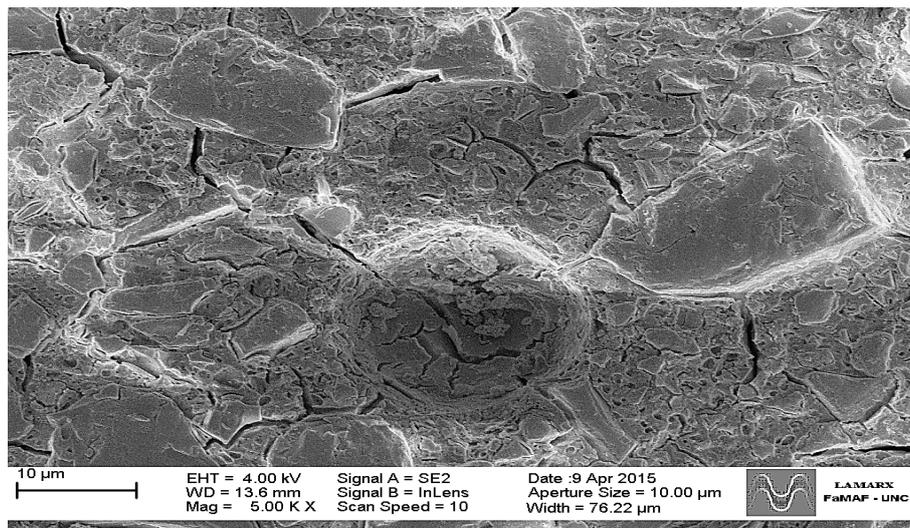


Figura 139: Micrografía con FEG SEM de EQUIA Fil, donde se analizó mediante EDS su composición química.

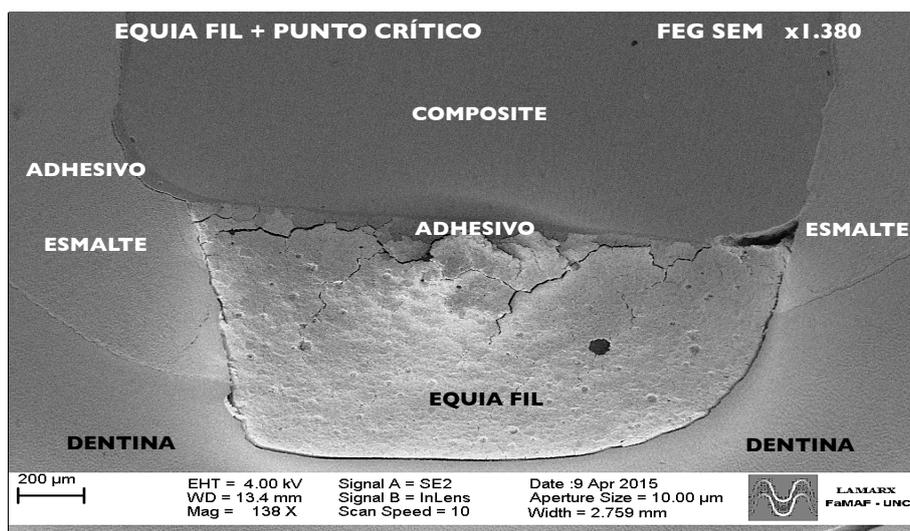


Figura 140: Micrografía con FEG SEM de EQUIA Fil donde se analizó con EDS su composición química. Nótese la separación de la interfaz CIVAV y dentina. La microfracturación interna es producto del alto vacío del SEM. Estas grietas se generaron a pesar del punto crítico al que fueron sometidas las muestras.

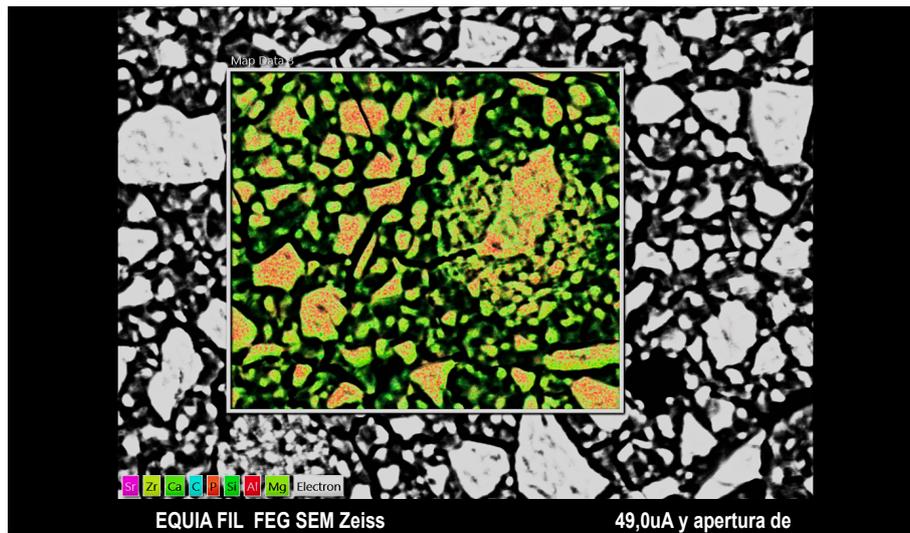


Figura 141: Estructura de EQUIA Fil con la zona elegida de color amarillo-verdoso donde se analizó la composición química mediante imágenes de rayos X, EDS.

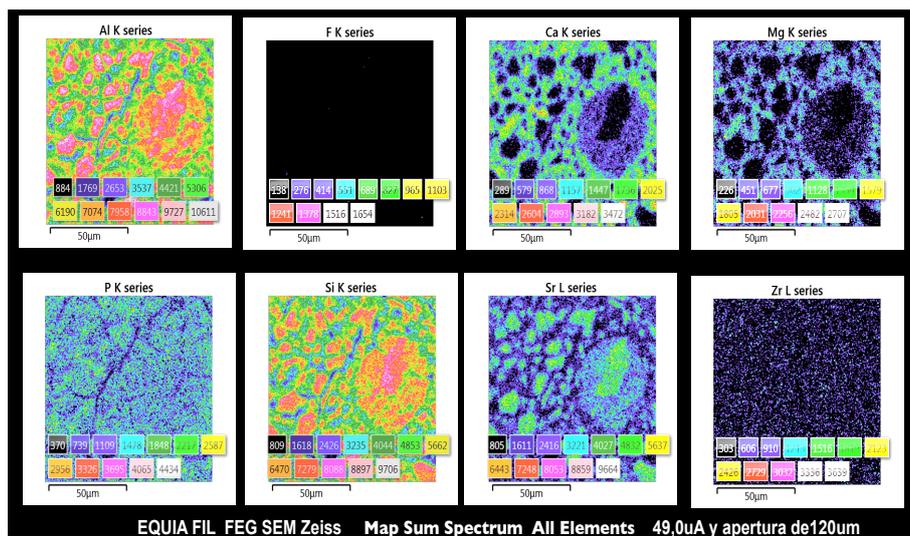


Figura 142: Imágenes de rayos X con EDS de los elementos atómicos que constituyen la composición química de EQUIA Fil. Se destacan de izquierda a derecha Aluminio, Fluoruro, Calcio, Magnesio, Fósforo, Silicio, Estroncio y Zirconio.

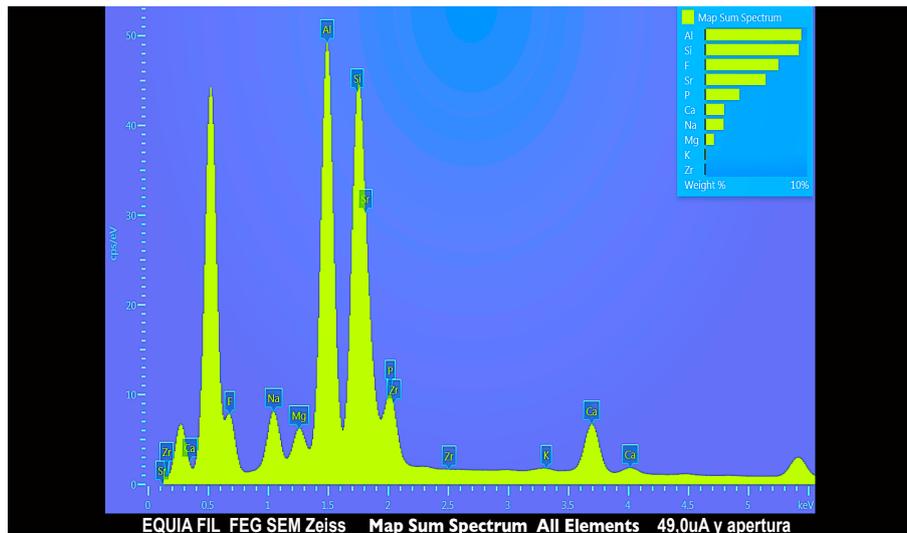


Figura 143: Espectro de emisión de rayos X de la composición química de EQUIA Fil con EDS.

EQUIA FIL COMPOSICIÓN QUÍMICA					
Formula química	ms %	mol %	Sigma	Net	Line
F	27.45	62.96	0.00	0.0240882	K
Al	28.34	12.11	0.08	0.0735248	K
Si	19.78	14.35	0.10	0.0461989	K
P	12.83	3.94	0.07	0.0273274	K
Ca	6.01	4.67	0.04	0.0280249	K
Zr	5.59	1.98	0.11	0.0170128	L
Total	100.00				

ms% porcentaje de masa; mol% Porcentaje atómico; Sigma error; Net las cuentas medidas; Line línea de emisión

Figura 144 Composición química de EQUIA Fil obtenida con EDS.

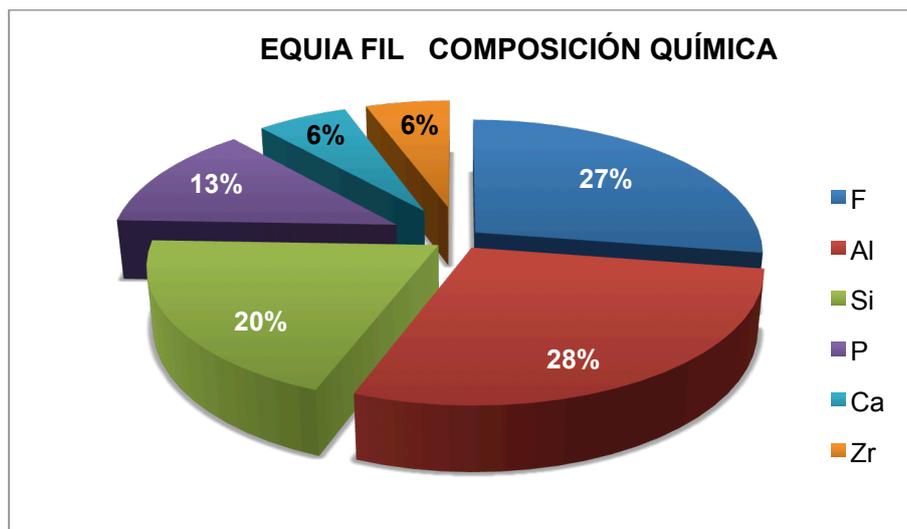


Figura 145: Gráfico estadístico de la composición química de EQUIA Fil con EDS.

d) **Ketac Molar Easymix** no contiene en su composición resinas monoméricas lo que indica que es un cemento de ionómero de vidrio convencional. Presenta una estructura cristalina integrada por cristales grandes, medianos y pequeños y grandes esferas o clusters. Contiene en porcentaje: F 37.80; Mg 4.40; Na 2.60; Al 14.30; Si 16.30; P 10.0 y Ca 14.60. (**Figuras 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152**).

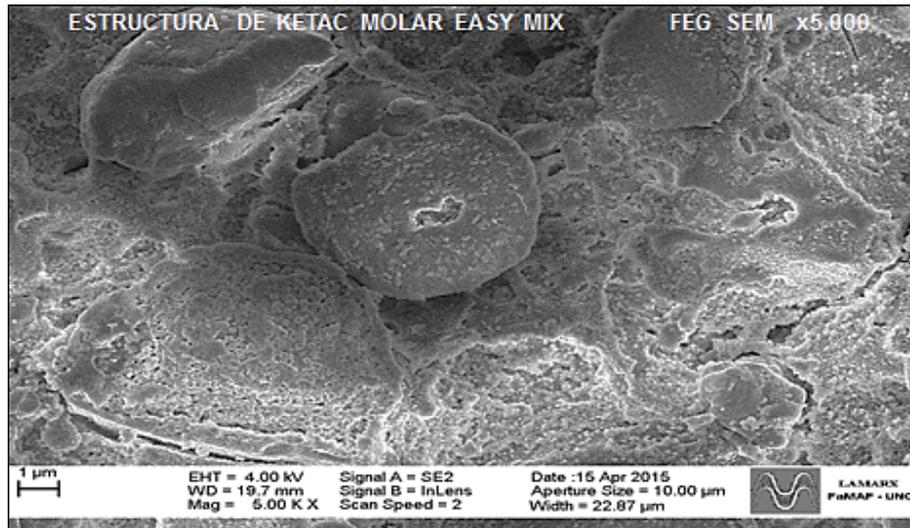


Figura 146: Micrografía con FEG SEM de Ketac Molar Easymix, donde se analizó con EDS su composición química.

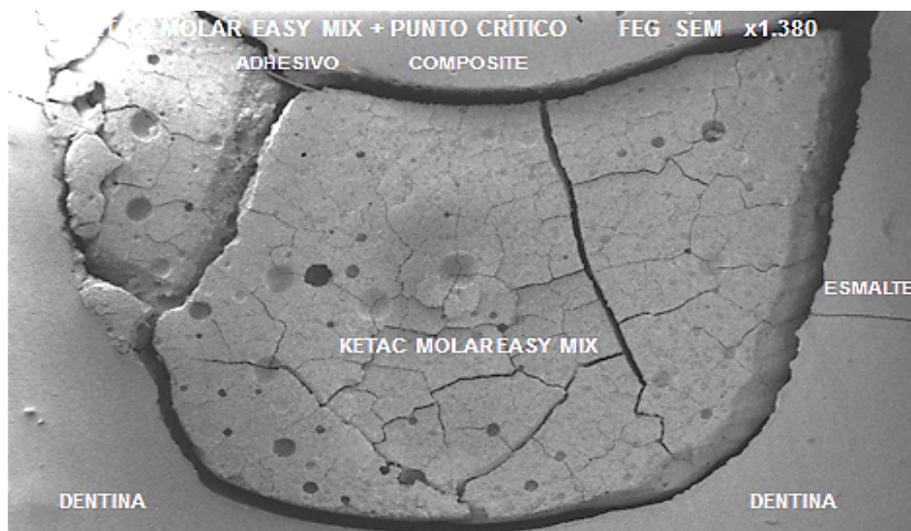


Figura 147: Micrografía con FEG SEM de Ketac Molar Easymix, donde se analizó con EDS su composición química. Nótese la separación de la interface CIVAV y dentina. La microfracturación interna es producto del alto vacío del SEM. Estas grietas se generaron a pesar del punto crítico al que fueron sometidas las muestras.

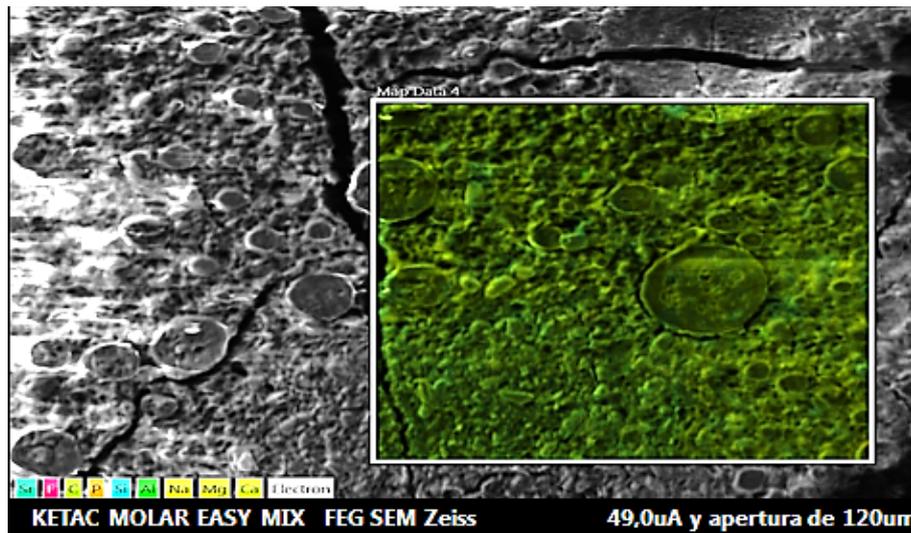


Figura 148: Estructura de Ketac Molar Easymix con la zona elegida de color verdoso donde se analizó su composición química mediante imágenes de rayos X, EDS y la distribución de los elementos atómicos.

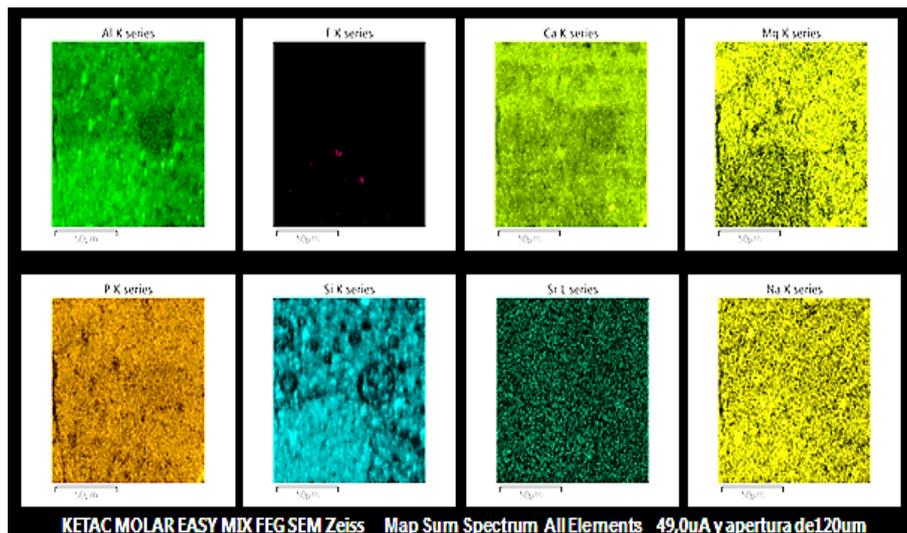


Figura 149: Imágenes de rayos X por EDS, de los elementos atómicos que constituyen la composición química de Ketac Molar Easymix. Se destacan de izquierda a derecha Aluminio, Fluoruro, Calcio, Magnesio, Fósforo, Silicio, Estroncio y Sodio.

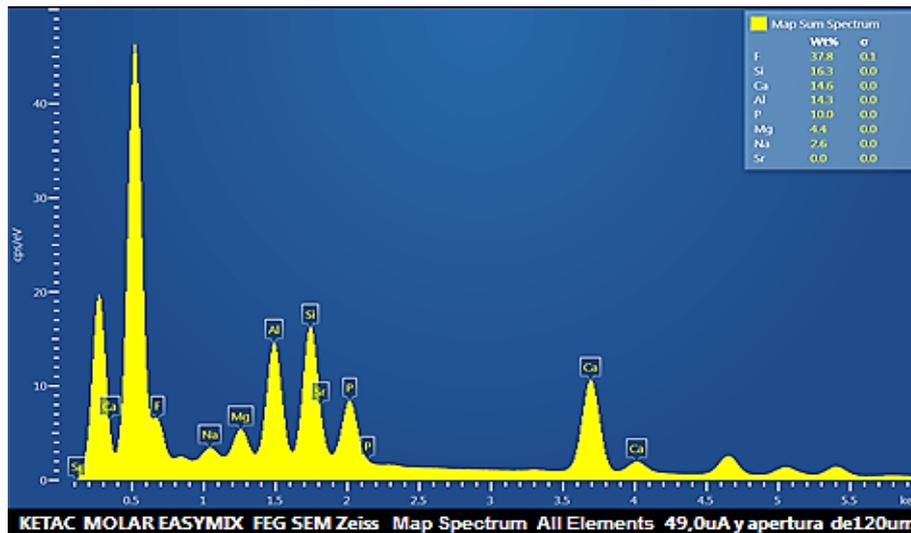


Figura 150: Espectro de emisión de la composición química de Ketac Molar Easymix con EDS.

KETAC MOLAR EASYMIX COMPOSICIÓN QUÍMICA					
Formula química	ms %	mol %	Sigma	Net	Line
F	37.80	8.13	0.03	0.00301	K
Mg	4.40	1.37	0.01	0.00252	K
Na	2.60	0.51	0.01	0.00192	K
Al	14.30	5.41	0.01	0.02653	K
Si	16.30	6.32	0.01	0.05613	K
P	10.00	1.71	0.02	0.01127	K
Ca	14.60	2.95	0.01	0.02335	K
Total	100.00				

ms%: porcentaje de masa; mol%: porcentaje atómico; Sigma: error; Net: cuentas medidas; Line: línea de emisión

Figura 151: Composición química de Ketac Molar Easymix con EDS.

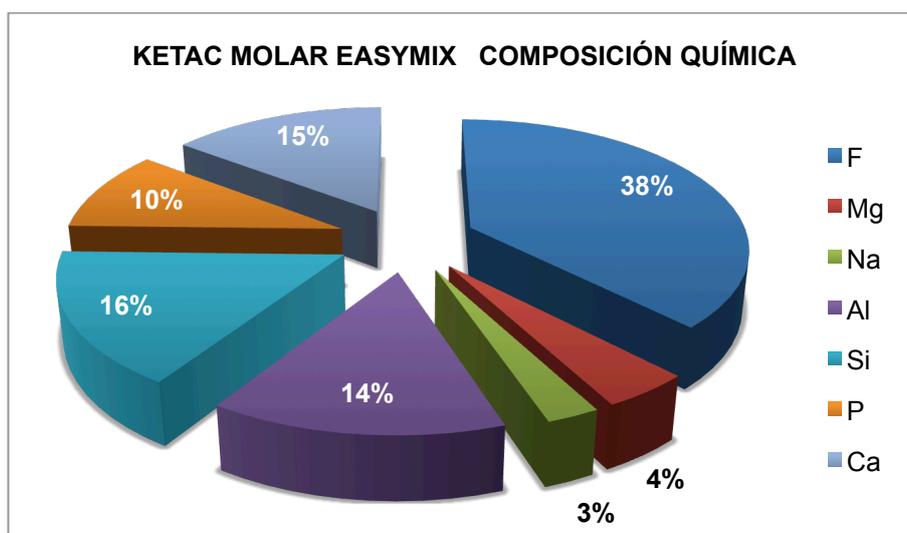


Figura 152: Gráfico estadístico de la composición química de Ketac Molar Easymix con EDS.

e) **Ionofil Molar** no contiene Carbono componente principal de las resinas monoméricas lo que es indicativo, que es un cemento de ionómero de vidrio convencional. Presenta una estructura cristalina conformada por cristales muy grandes, medianos y pequeños. Contiene en porcentaje: F 32.20; Mg 5.20; Na 1.90; Al 12.20; Si 26.00; P 10.50; Ca 3.80 y Sr 8.11. (**Figuras 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159**).

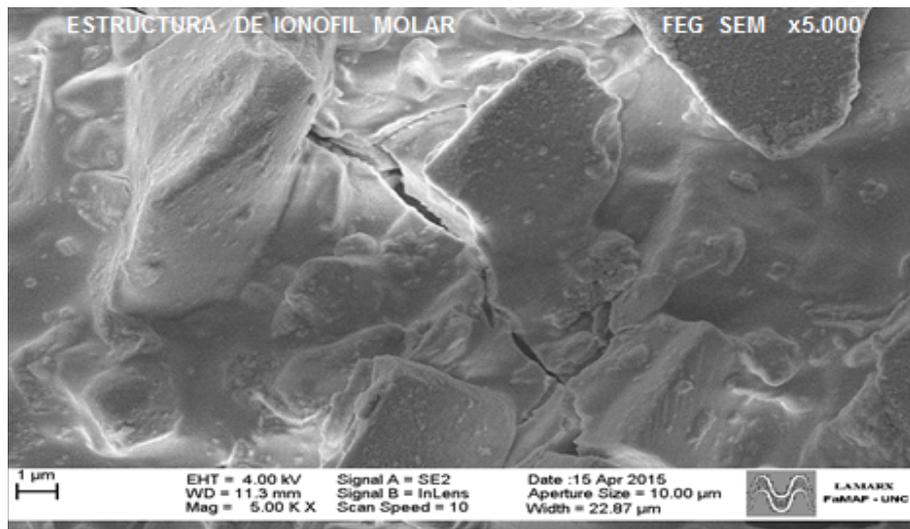


Figura 153: Micrografía de la estructura con FEG SEM de Ionofil Molar, donde se analizó con EDS su composición química.

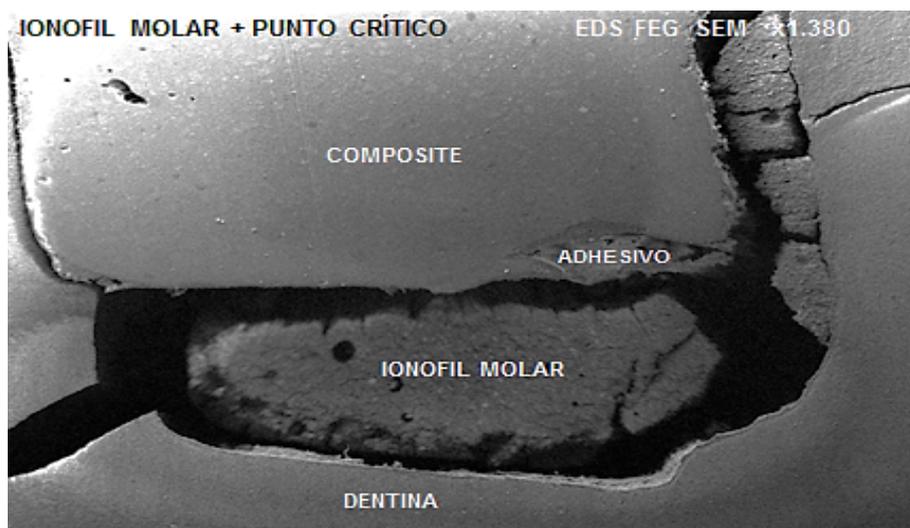


Figura 154: Micrografía con FEG SEM de Ionofil Molar, donde se analizó con EDS su composición química. Nótese la separación de la interfase CIVAV y dentina. La microfracturación interna es producto del alto vacío del SEM, causada por la pérdida brusca del contenido acuoso. Estas grietas se generaron a pesar del punto crítico al que fueron sometidas las muestras.

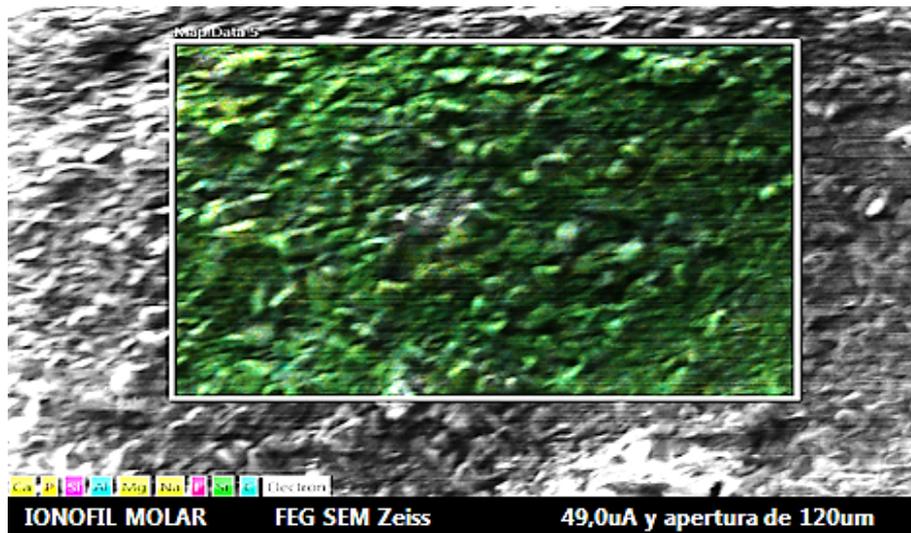


Figura 155: Estructura de Ionofil Molar con la zona elegida de color verdoso donde se analizó la composición química mediante imágenes de rayos X con EDS y la distribución de los elementos atómicos.

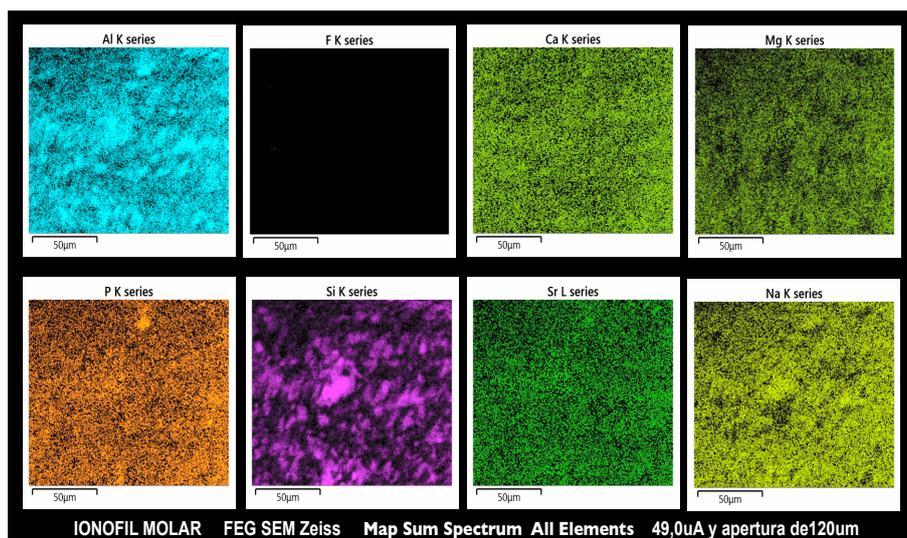


Figura 156: Imágenes de rayos X EDS de los elementos atómicos que constituyen la composición química de Ketac Molar Easymix. Se destacan de izquierda a derecha Aluminio, Fluoruro, Calcio, Magnesio, Fósforo, Silicio, Estroncio y Sodio.

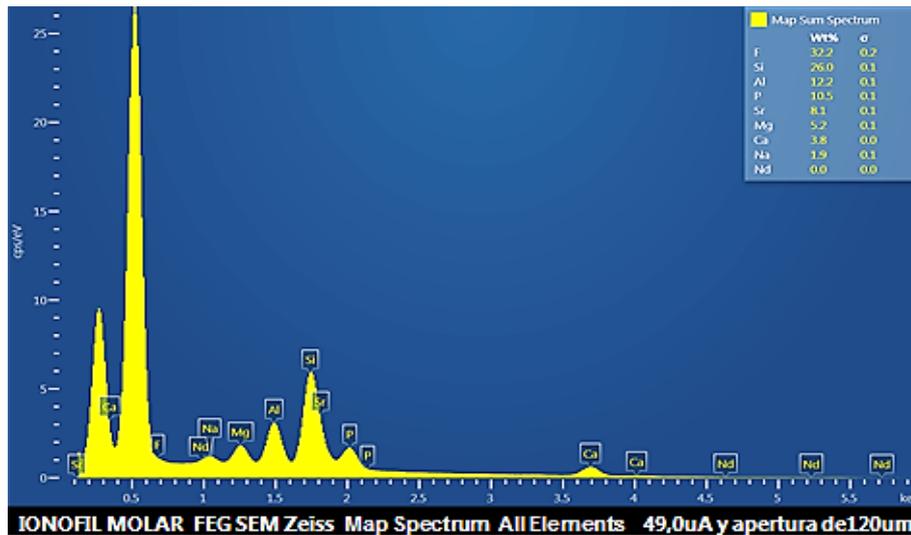


Figura 157: Espectro de emisión de rayos X de la composición química de Ionofil Molar con EDS.

IONOFIL MOLAR COMPOSICIÓN QUÍMICA					
Formula química	ms %	mol %	Sigma	Net	Line
F	32.20	3.32	0.01	0.03078	K
Mg	5.20	2.36	0.01	0.01123	K
Na	1.90	1.12	0.00	0.00075	K
Al	12.20	2.55	0.01	0.01923	K
Si	26.00	5.60	0.01	0.04620	K
P	10.50	3.91	0.01	0.03398	K
Ca	3.80	2.09	0.01	0.02167	K
Sr	8.11	3.25	0.02	0.01626	L
Total	100.0				

ms%: porcentaje de masa; mol%: porcentaje atómico; Sigma: error; Net: cuentas medidas; Line: línea de emisión.

Figura 158: Composición química de Ionofil Molar con EDS.

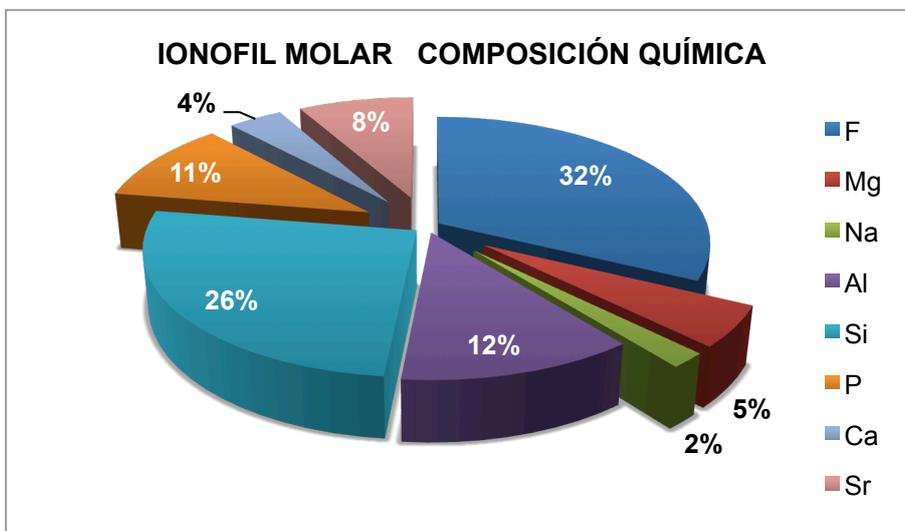


Figura 159: Gráfico estadístico de la composición química de Ionofil Molar con EDS.

f) **GC Gold Label 9** no contiene Carbono en su estructura lo que indica que es un cemento de ionómero de vidrio convencional. Presenta una estructura cristalina integrada por cristales muy grandes, grandes, medianos y pequeños. Presenta en porcentaje: F 28.40; Mg 3.30; Al 18.0; Si 21.80; P 6.60; Ca 3.21 y Sr 17.00. (Figuras 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166).

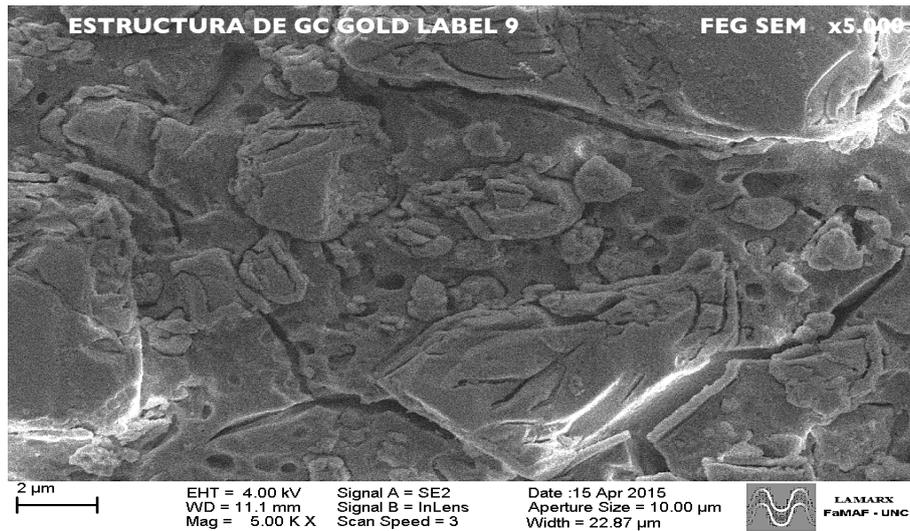


Figura 160: Micrografía de la estructura con FEG SEM de GC Gold Label 9, donde se analizó con EDS, su composición química.

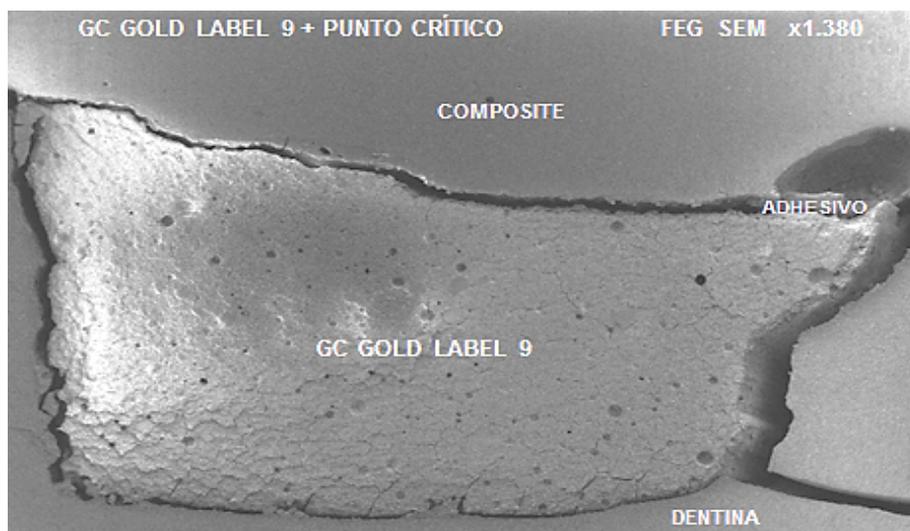


Figura 161: Micrografía con FEG SEM de GC Gold Label 9, donde se analizó con EDS su composición química. Nótese la separación de la interface del CIV con la pared dentinaria pulpar.

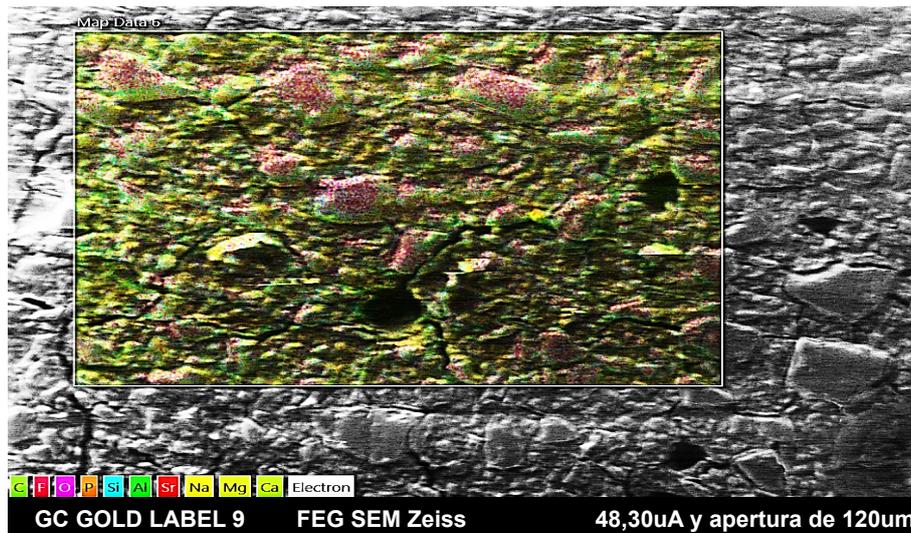


Figura 162: Estructura de CG Gold Label 9 con la zona elegida de color rojo-verdoso donde se analizó la composición química mediante imágenes de rayos X y distribución de los elementos atómicos con EDS.

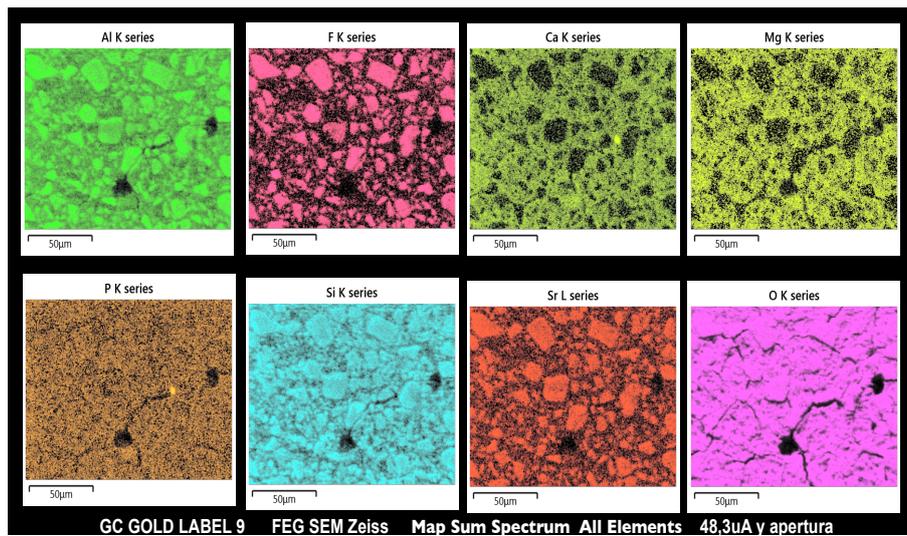


Figura 163: Imágenes de rayos X EDS de los elementos atómicos que constituyen la composición química de CG Gold Label 9. Se destacan de izquierda a derecha Aluminio, Fluoruro, Calcio, Magnesio, Fósforo, Silicio, Estroncio y Oxígeno.

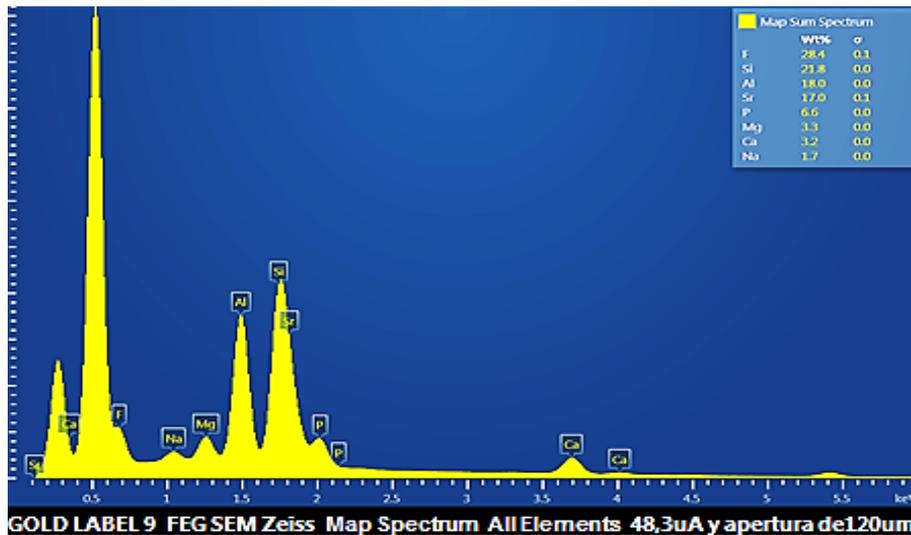


Figura 164: Espectro de emisión de rayos de la composición química de GC Gold Label 9, con EDS.

GC GOLD LABEL 9 COMPOSICIÓN QUÍMICA					
Formula química	ms %	mol %	Sigma	Net	Line
F	28.40	2.52	0.01	0.02978	K
Mg	3.30	1.36	0.01	0.01221	K
Al	18.00	4.58	0.01	0.03567	K
Si	21.80	6.65	0.01	0.05626	K
P	6.60	2.88	0.01	0.02312	k
Ca	3.21	1.19	0.01	0.01155	K
Sr	17.00	2.26	0.02	0.02135	L
Total	80.0				

ms%: porcentaje de masa; mol%: porcentaje atómico; Sigma: error; Net: cuentas medidas; Line: línea de emisión

Figura 165: Composición química de GC Gold Label 9 por EDS.

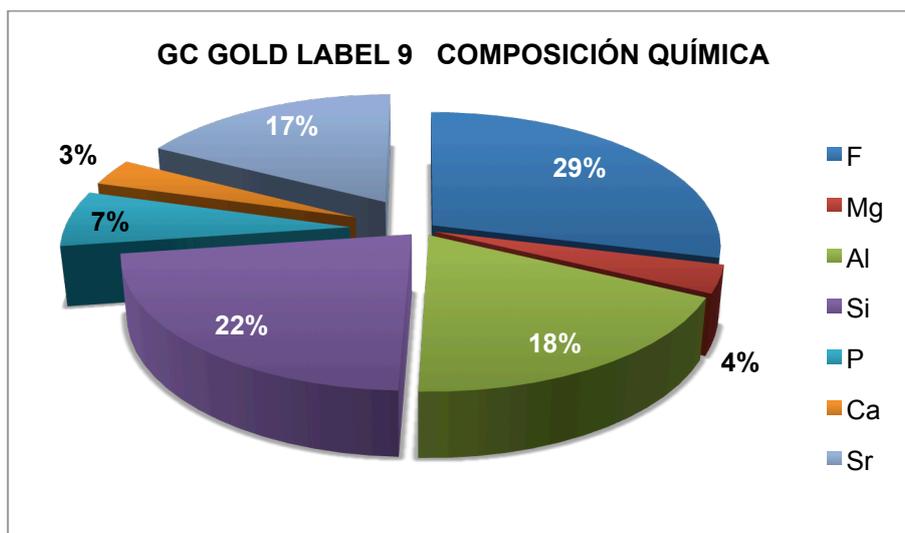


Figura 166: Gráfico estadístico de la composición química de Ionofil Molar con EDS

Con la finalidad de cotejar la composición química de todos los cementos de ionómero de vidrio estudiados, se pueden observar los diferentes contenidos de carbono, silicio, aluminio, fósforo, calcio, magnesio, sodio, estroncio, flúor y zirconio, presentes, en la siguiente tabla comparativa. (**Figura 167**).

COMPOSICIÓN QUÍMICA										
MATERIALES	C	Si	Al	P	Ca	Mg	Na	Sr	F	Zr
GC FIJI LINING LC	27.32	5.20	1.92	1.74	3.49	1.08	0.15	1.85	-----	-----
VITREMER	20.52	9.76	4.65	1.37	2.81	0.55	0.69	4.98	3.11	-----
EQUIA FIL	-----	19.78	28.34	12.83	6.01	-----	-----	-----	27.45	5.59
KETAC MOLAR EASYMIX	-----	16.30	14.30	10.00	14.60	4.40	2.60	-----	37.80	-----
IONOFIL MOLAR	-----	26.00	12.20	10.50	3.80	5.20	1.90	5.11	32.20	-----
GC GOLD LABEL 9	-----	21.80	18.00	6.60	3.21	3.30	-----	17.00	28.40	-----

Figura 167: Tabla comparativa de la composición química de los cementos de ionómero de vidrio convencionales, de alta viscosidad y modificados con resina.

CONCLUSIONES

- 1) GC Fuji Lining LC, presenta una estructura de forma tubular con islotes irregulares donde posiblemente está contenida la resina monomérica fotopolimerizable. Muestra en su composición química un elevado porcentaje de carbono característico de los monómeros resinosos, que conforman una red espacial de resinas insolubles. Libera una mínima cantidad de fluoruro.
- 2) Vitremer, presenta una estructura cristalina con cristales grandes, medianos y pequeños y posee en su composición química resinas monoméricas fotopolimerizables que estarían indicadas por la presencia del alto porcentaje de Carbono dentro del material, estableciendo una red espacial de resinas insolubles que liberan una mínima cantidad de fluoruro.
- 3) EQUIA Fil, presenta una estructura cristalina integrada por cristales grandes, medianos, pequeños y esferas que contienen en su interior los gránulos de zirconio. Las esferas, no se encuentran en la composición del polvo del cemento ionomérico, sino que se forman durante la mezcla. No contiene carbono lo que indica que es un cemento de ionómero de vidrio convencional de alta viscosidad con elevada liberación de fluoruro. Es el único CIVAV que contiene zirconio, el cual le otorga mayor resistencia.
- 4) Ketac Molar Easymix, manifiesta una estructura cristalina integrada por cristales grandes, medianos, pequeños y grandes esferas o clusters. No contiene resinas monoméricas lo que indicaría que es un cemento de ionómero de vidrio con alta liberación de fluoruro.
- 5) Ionofil Molar, presenta una estructura cristalina integrada por cristales muy grandes y medianos. No contiene carbono componente principal de las resinas monoméricas lo que es indicativo, de que es un cemento de ionómero de vidrio, con elevada liberación de fluoruro.
- 6) GC Gold Label 9, exhibe una estructura cristalina integrada por cristales muy grandes, grandes, medianos y pequeños. No presenta carbono en su estructura lo que indica que es un cemento de ionómero de vidrio, con alta liberación de fluoruro.

C) EVALUAR LA ACCIÓN DEL ÁCIDO FOSFÓRICO SOBRE LOS CEMENTOS DE IONÓMERO DE VIDRIO CONVENCIONALES, DE ALTA VISCOSIDAD Y MODIFICADOS CON RESINA

El propósito de este trabajo fue evaluar la acción perjudicial por la formación microfracturas o beneficiosa por la producción de microporosidad, que genera el grabado con ácido fosfórico sobre la superficie expuesta de CIV, CIVAV y CIVMR, antes de ser cubiertos por un sistema resinoso compuesto en la técnica sandwich o laminar.

Con esta finalidad, un diente de cada grupo fue grabado con ácido fosfórico al 34.5% (VOCO GmbH, Germany), durante un lapso de 15.0 segundos, lavado con agua presurizada por 5.0 segundos y secados con aire frío y deshumidificado por 5.0 segundos; en estos elementos dentarios no fue aplicado el sistema adhesivo y el sistema resinoso compuesto de alta densidad nanohíbrido, para poder evaluar la acción del ácido fosfórico sobre la superficie de los distintos cementos de ionómero de vidrio utilizados.

Los dientes así preparados fueron cortados en sentido buco-lingual, con profusa refrigeración acuosa, con una presión sobre el corte de 100g y una velocidad 500rpm, en tres láminas de 450 μ m con Isomet 1000 (Buehler Co., USA). Posteriormente se efectuó un pulido fino con discos de carburo de silicio de granulometría decreciente de 1200 a 600 y paños rotatorios con partículas de diamante de 0,5 μ m (Buehler Co. USA), en una pulidora metalográfica (Praxis SA, Argentina).

Los cortes fueron sumergidos en una solución de Rhodamina B al 1.0% (Sigma-Aldrich Inc., USA), a 37.0° Celsius por un lapso de 60 minutos y su topología tridimensional fue valorada mediante microscopía confocal laser de barrido por reflexión OLS4000 3D LEXT (Olympus Japan), midiéndose la amplitud y profundidad de los microporos producidos por la acción del ácido fosfórico y determinar su accionar positivo o negativo sobre la superficie de los cementos de ionómeros de vidrio en estudio.

Los valores obtenidos fueron sometidos a análisis de Varianza ANOVA y a prueba de múltiple comparación de Bonferroni-Levene. (**Figuras 168, 169, 170, 171, 172, 173**). Se pudieron determinar los siguientes resultados:

Od. Esp. Leonardo J. Uribe Echevarría

RESULTADOS

- a) El ácido fosfórico produce microporosidad superficial de distinta amplitud y profundidad en los cementos de ionómeros de vidrio investigados;
- b) El ácido fosfórico y el agua de lavado no generaron grietas, fisuras y/o fracturas en la estructura de los diferentes CIV usados en la experimentación;

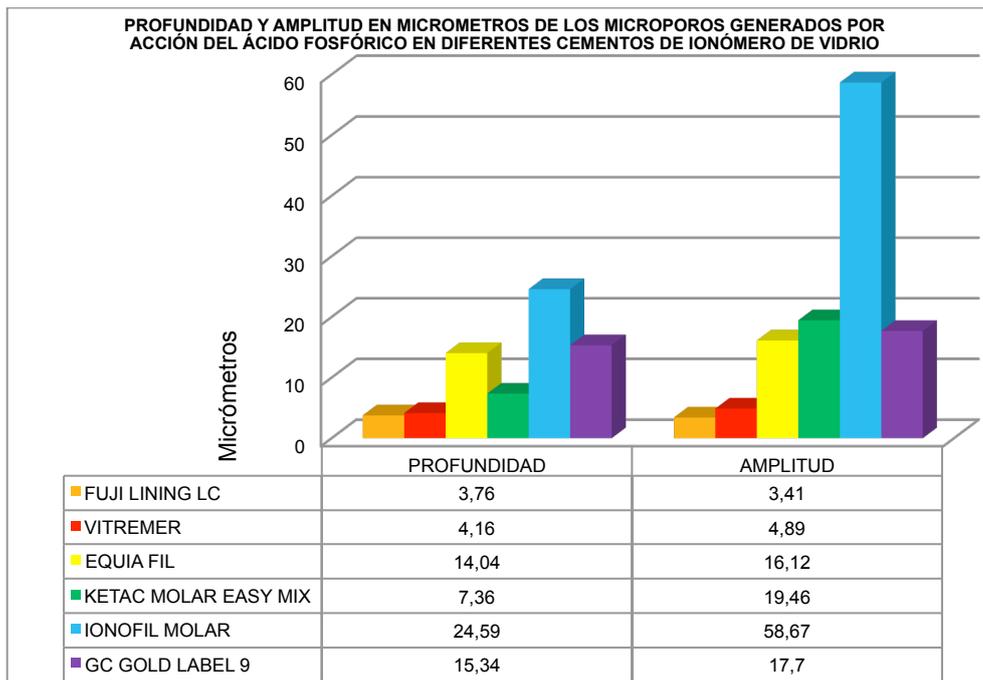


Figura 168: Gráfico estadístico donde se compara la profundidad y amplitud de los microporos generados por la acción del ácido fosfórico al 34.5%, aplicado por un lapso de 15.0 segundos, en la superficie de los cementos de ionómero de vidrio convencionales, de alta viscosidad y modificados con resina. OLS4000 3D LEXT Olympus, Japan.

PROFUNDIDAD Y AMPLITUD DE LOS MICROPOROS GENERADOS POR ACCIÓN DEL ÁCIDO FOSFÓRICO EN DIFERENTES CEMENTOS DE IONÓMERO DE VIDRIO		
MATERIALES	PROFUNDIDAD	AMPLITUD
FUJI LINING LC	3.76	3.41
VITREMER	4.16	4.89
EQUIA FIL	14.04	16.12
KETAC MOLAR EASYMIX	7.36	19.46
IONOFIL MOLAR	24.59	58.67
GC GOLD LABEL 9	15.34	17.70

Figura 169: Tabla comparativa de los términos medios de la profundidad y amplitud de los microporos generados por acción del ácido fosfórico en la superficie de los cementos de ionómero de vidrio convencionales, de alta viscosidad y modificados con resina.

PROFUNDIDAD DE LOS MICROPOROS GENERADOS POR LA ACCIÓN DEL ÁCIDO FOSFÓRICO EN DIFERENTES CEMENTOS DE IONÓMERO DE VIDRIO					
MATERIALES	MEDIA	SD	SE	MIN	MAX
FUJI LINING LC	3.76	0.53	0.11	2.15	4.06
VITREMER	4.16	0.93	0.20	2.05	5.07
EQUIA FIL	14.04	0.99	0.22	12.15	15.04
KETAC MOLAR EASYMIX	7.36	1.18	0.26	5.06	9.10
IONOFIL MOLAR	24.59	0.99	0.22	23.50	26.50
GC GOLD LABEL 9	15.34	0.11	0.02	2.01	2.44

Figura 170: Profundidad de los microporos generados por acción del ácido fosfórico en la superficie de los cementos de ionómero de vidrio convencionales, de alta viscosidad y modificados con resina, con la Media, SD, SE y Grados de libertad.

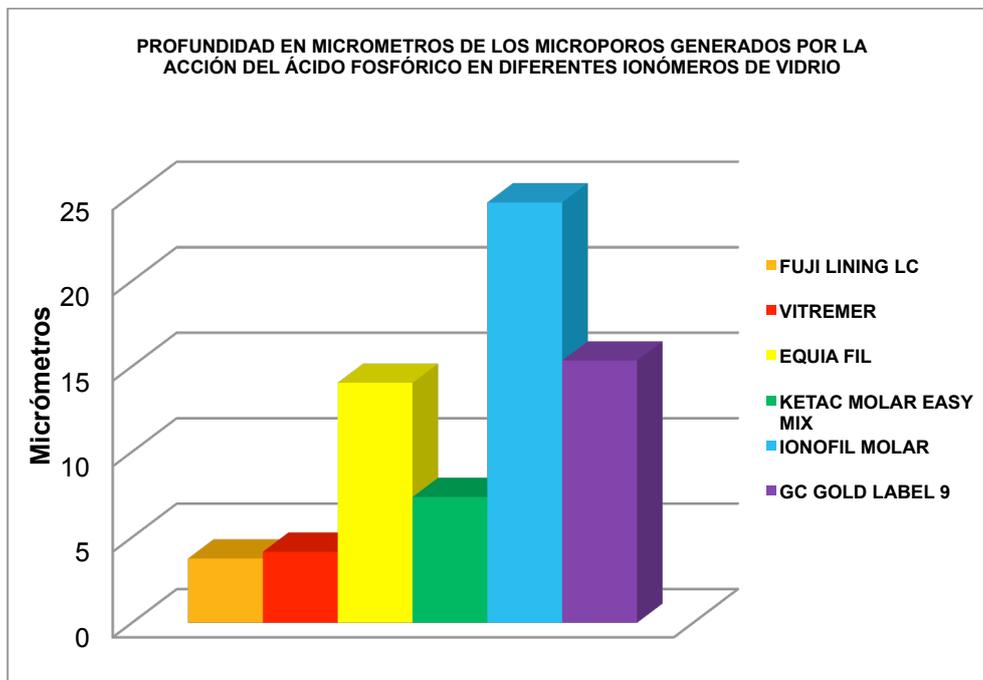


Figura 171: Gráfico estadístico de la profundidad de los microporos generados por acción del ácido fosfórico en la superficie de los cementos de ionómero de vidrio convencionales, de alta viscosidad y modificados con resina.

AMPLITUD DE LOS MICROPOROS GENERADOS POR LA ACCIÓN DEL ÁCIDO FOSFÓRICO EN DIFERENTES CEMENTOS DE IONÓMERO DE VIDRIO					
MATERIALES	MEDIA	SD	SE	MIN	MAX
FUJI LINING LC	3.41	0.97	0.21	2.10	5.60
VITREMER	4.89	0.88	0.19	3.40	5.60
EQUIA FIL	16.12	0.60	0.13	15.10	17.20
KETAC MOLAR EASYMIX	19.46	0.60	0.13	18.60	20.60
IONOFIL MOLAR	58.67	1.06	0.23	57.30	60.80
GC GOLD LABEL 9	17.70	1.11	0.24	15.70	19.70

Figura 172: Amplitud de los microporos generados por acción del ácido fosfórico en la superficie de los cementos de ionómero de vidrio convencionales, de alta viscosidad y modificados con resina, donde se registra el Término medio, SD, SE y grados de libertad.

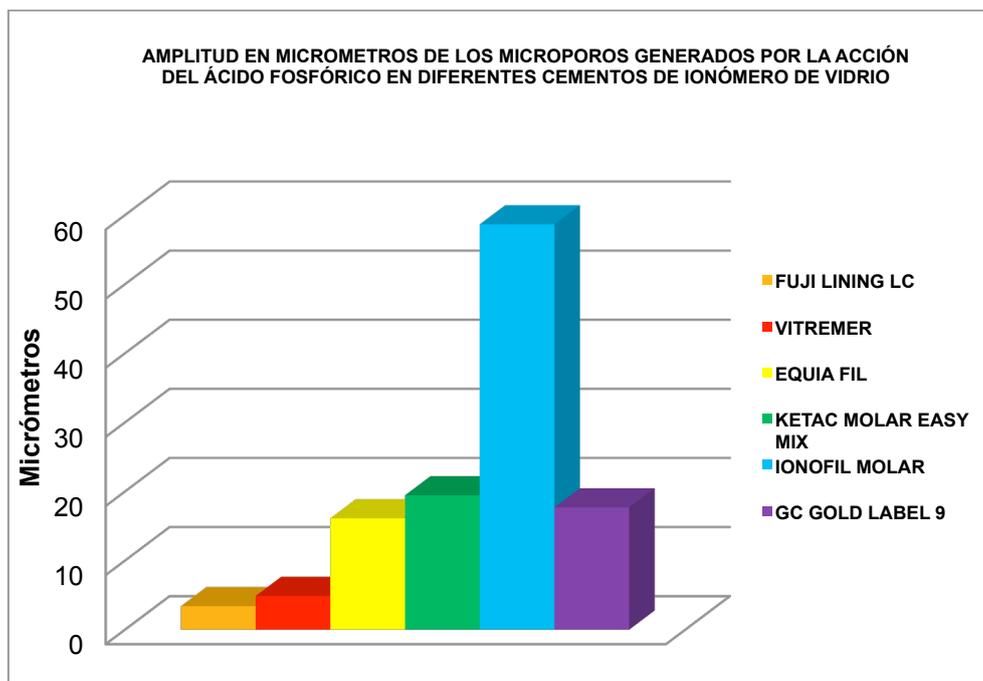


Figura 173: Gráfico estadístico de la amplitud de los microporos generados por acción del ácido fosfórico en la superficie de los cementos de ionómero de vidrio investigados.

c) La profundidad de los microporos fue para las muestras del grupo 1 o GC Fuji Lining LC de 3.76 micrómetros con DS de $\pm 0.53\mu\text{m}$; siendo la amplitud de los mismos de 3.41 micrómetros con una DS de ± 0.97 . (**Figuras 174, 175, 176**).

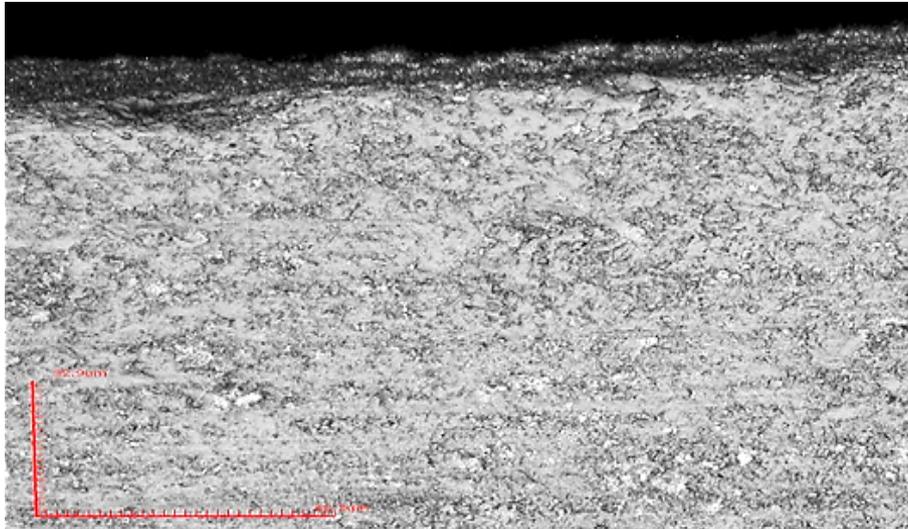


Figura 174: Profundidad y amplitud de los microporos generados por acción del ácido fosfórico en la superficie del cemento de ionómero de vidrio modificado con resina del grupo 1, Fuji Lining LC. OLS4000 3D LEXT x1260.

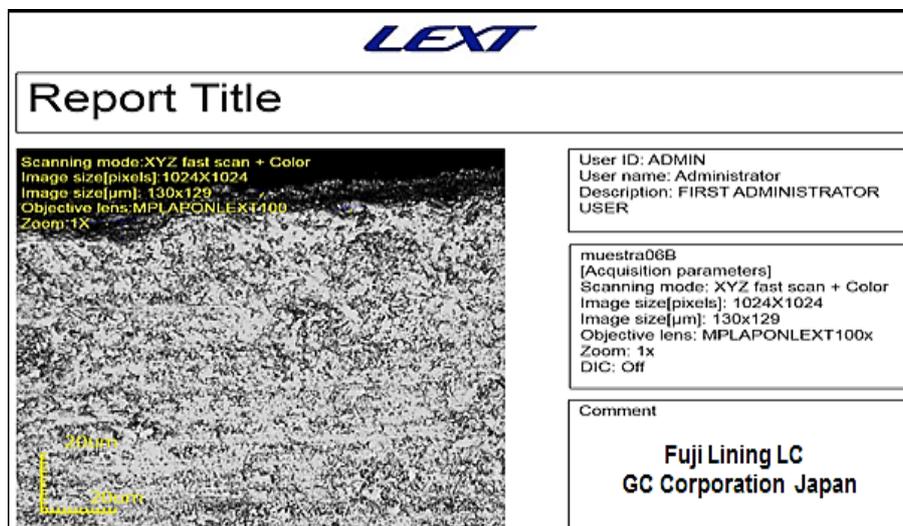


Figura 175: Reporte de la cuantificación de los microporos del Fuji Lining LC del Grupo 1, registrado sobre la pared pulpar cavitaria. OLS4000 3D LEXT x1260.

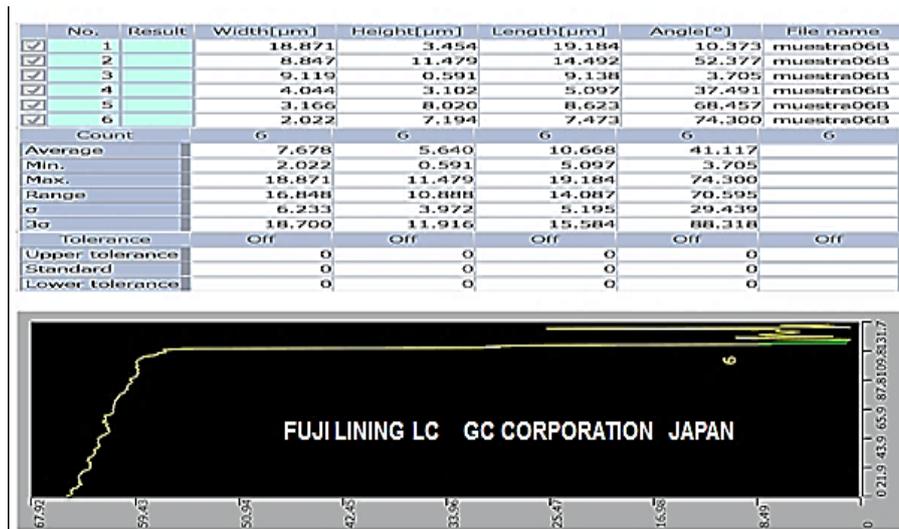


Figura 176: Informe de la cuantificación de la figura anterior, de los microporos del Fuji Lining LC del Grupo 1, registrado sobre la pared pulpar cavitaria. OLS4000 3D LEXT x1260.

d) Los microporos presentaron en las muestras del grupo 2 o Vitremer depresiones de $4.16\mu\text{m}$ con una DS de $\pm 0.93\mu\text{m}$ y amplitudes de $4.89\mu\text{m}$ con una DS de $\pm 0.88\mu\text{m}$. (Figuras 177, 178).

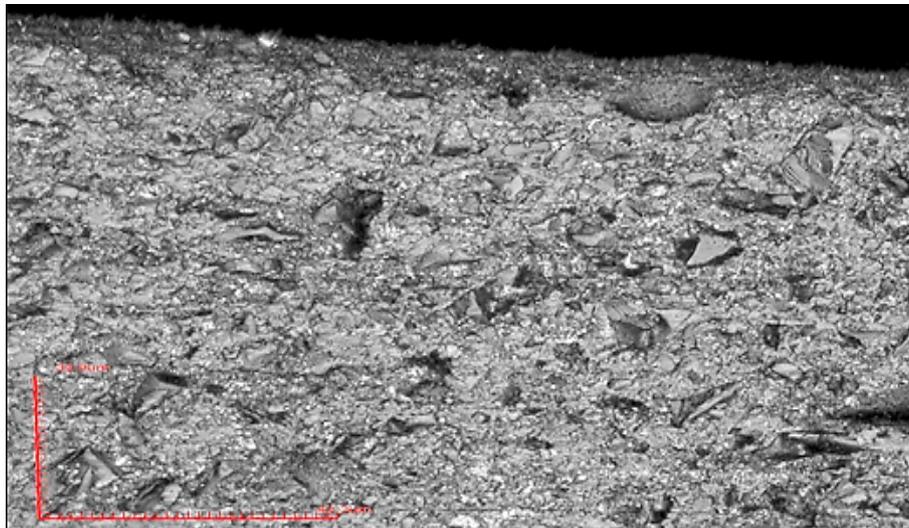


Figura 177: Nótese los microporos generados por acción del ácido fosfórico en la superficie del cemento de ionómero de vidrio de triple curado del grupo 2, Vitremer. OLS4000 3D LEXT x1260

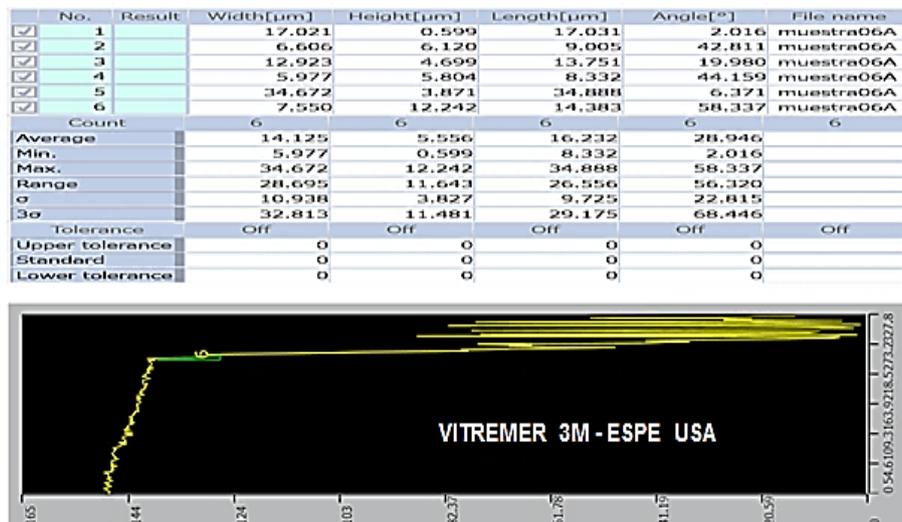


Figura 178: Reporte de los microporos cuantificados sobre la pared pulpar cavitaria perteneciente al grupo 2, Vitremer. OLS4000 3D LEXT x1260.

e) La profundidad de los microporos fue para la muestras del grupo 3 o EQUIA Fil de $14.04\mu\text{m}$ con una DS de $\pm 0.99\mu\text{m}$ y una amplitud de $16.12\mu\text{m}$, con DS de $\pm 0.60\mu\text{m}$. (Figuras 179, 180, 181).

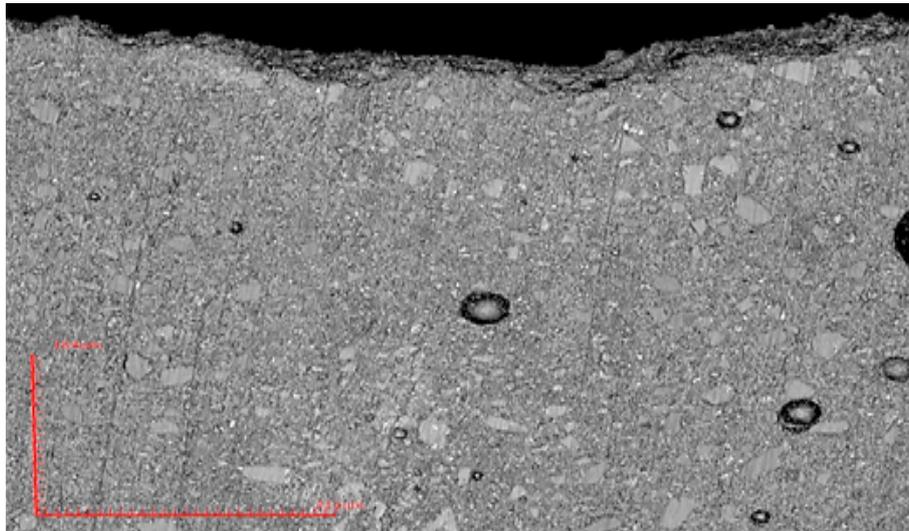


Figura 179: Obsérvese los microporos generados por acción del ácido fosfórico en la superficie del cemento de ionómero de vidrio de alta viscosidad perteneciente al grupo 3, EQUIA Fil. OLS4000 3D LEXT x1260.

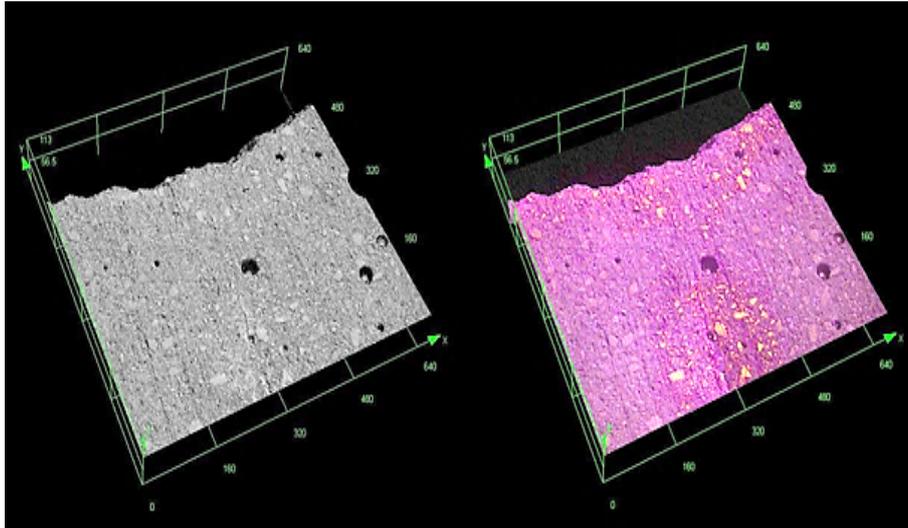


Figura 180: Imágenes en 3D de los microporos generados por acción del ácido fosfórico en la superficie del cemento de ionómero de vidrio de alta viscosidad que corresponde al grupo 3, EQUIA Fil. OLS4000 3D LEXT x1260.

No.	Result	Width[μm]	Height[μm]	Length[μm]	Angle[°]	File name
<input checked="" type="checkbox"/>	1	36.563	18.592	41.019	26.953	muestra6
<input checked="" type="checkbox"/>	2	13.213	19.351	23.431	55.674	muestra6
<input checked="" type="checkbox"/>	3	64.932	0.637	64.935	0.562	muestra6
<input checked="" type="checkbox"/>	4	12.584	38.196	40.216	71.766	muestra6
<input checked="" type="checkbox"/>	5	46.650	6.896	47.157	8.409	muestra6
<input checked="" type="checkbox"/>	6	11.954	13.068	17.711	47.547	muestra6
Count		6	6	6	6	6
Average		30.983	16.123	39.078	35.152	
Min.		11.954	0.637	17.711	0.562	
Max.		64.932	38.196	64.935	71.766	
Range		52.977	37.559	47.224	71.203	
σ		22.116	12.946	16.972	27.908	
3σ		66.347	38.839	50.917	83.723	
Tolerance		Off	Off	Off	Off	Off
Upper tolerance		0	0	0	0	0
Standard		0	0	0	0	0
Lower tolerance		0	0	0	0	0

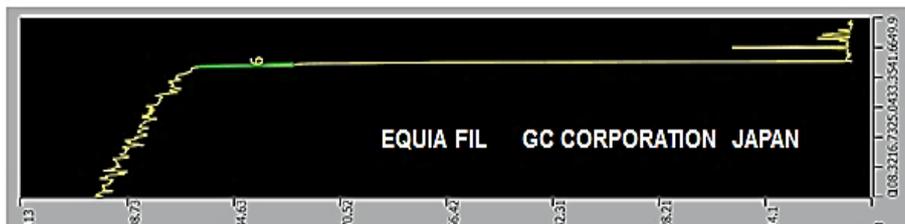


Figura 181: Reporte de los microporos cuantificados sobre la pared pulpar cavitaria perteneciente al grupo 3, EQUIA Fil. OLS4000 3D LEXT x1260.

f) Los microporos presentaron en las muestras del grupo 4 o Ketac Molar Easymix depresiones de $7.36\mu\text{m}$ con una DS de $\pm 1.18\mu\text{m}$ y una amplitud de $19.46\mu\text{m}$, con una DS de $\pm 0.60\mu\text{m}$. (**Figuras 182, 183, 184**).

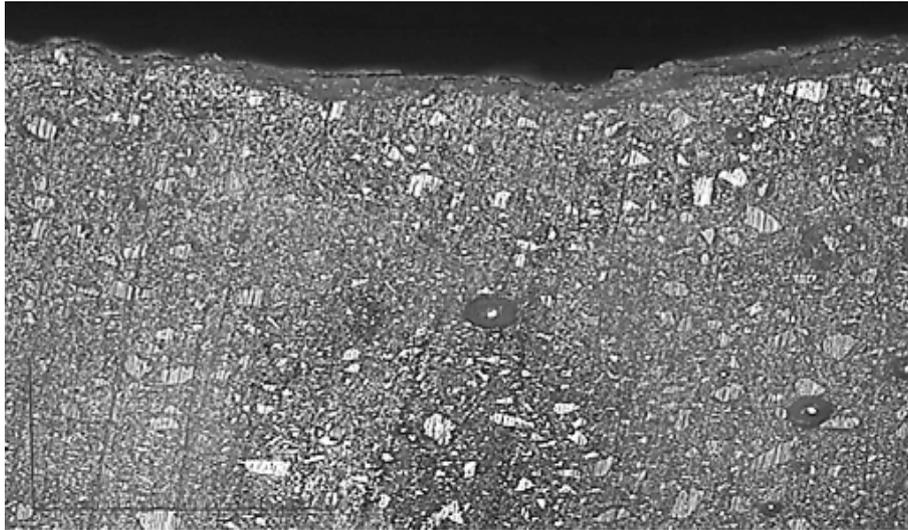


Figura 182: Microporos generados por acción del ácido fosfórico en la superficie del cemento de ionómero de vidrio perteneciente al grupo 4, Ketac Molar Easymix. OLS4000 3D LEXT x1260.

Report Title PROFUNDIDAD Y AMPLITUD DE LOS MICROPOROS POR ÁCIDO FOSFÓRICO AL 34.5% APLICADO POR 15 SEGUNDOS SOBRE KETAC MOLAR EASY MIX

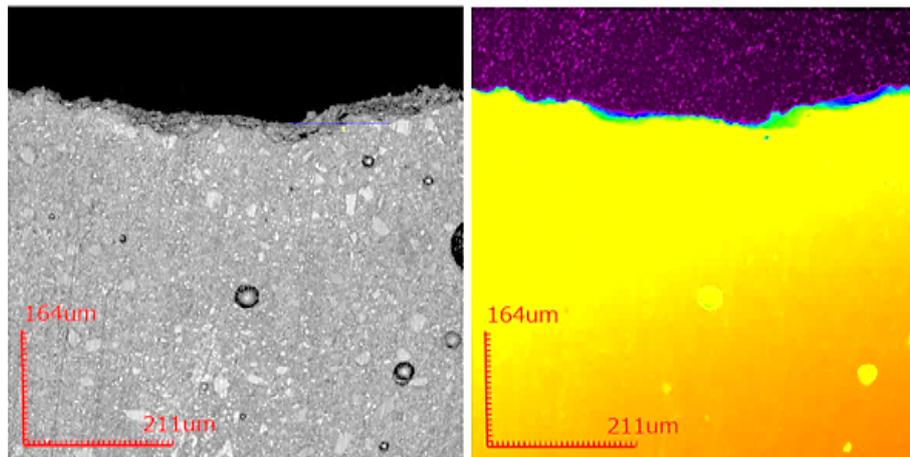


Figura 183: Imágenes 3D de los microporos generados por acción del ácido fosfórico en la superficie del cemento de ionómero de vidrio que corresponde al grupo 4, Ketac Molar Easymix. OLS4000 3D LEXT x1260.

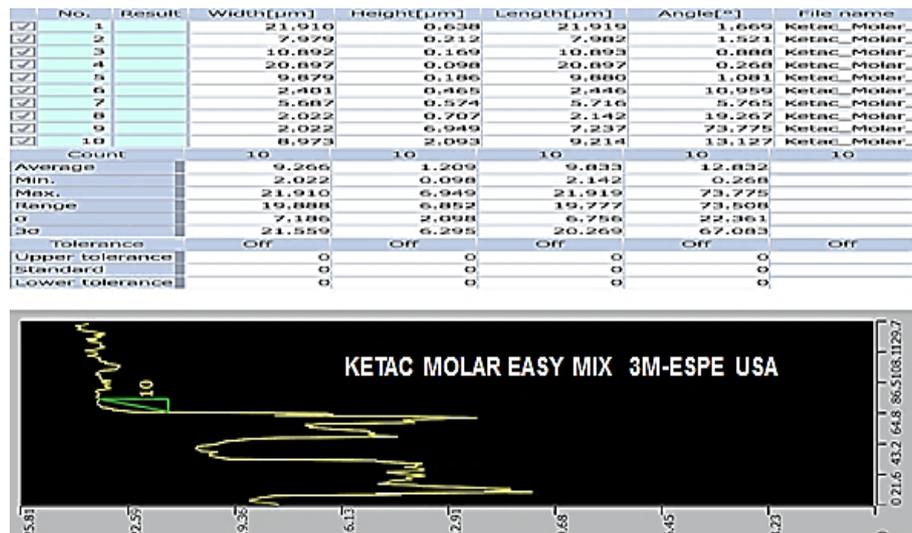


Figura 184: Reporte de la cuantificación de los microporos generados sobre la superficie ionomérica por acción del ácido fosfórico, perteneciente al grupo 4, Ketac Molar Easymix. OLS4000 3D LEXT x1260.

g) La profundidad de los microporos fue para las muestras del grupo 5 o Ionofil Molar de un TM 24.59 μm con una DS de $\pm 0.99\mu\text{m}$ y una amplitud de 58.67 μm y una DS de $\pm 1.06\mu\text{m}$. (**Figuras 185, 186**).

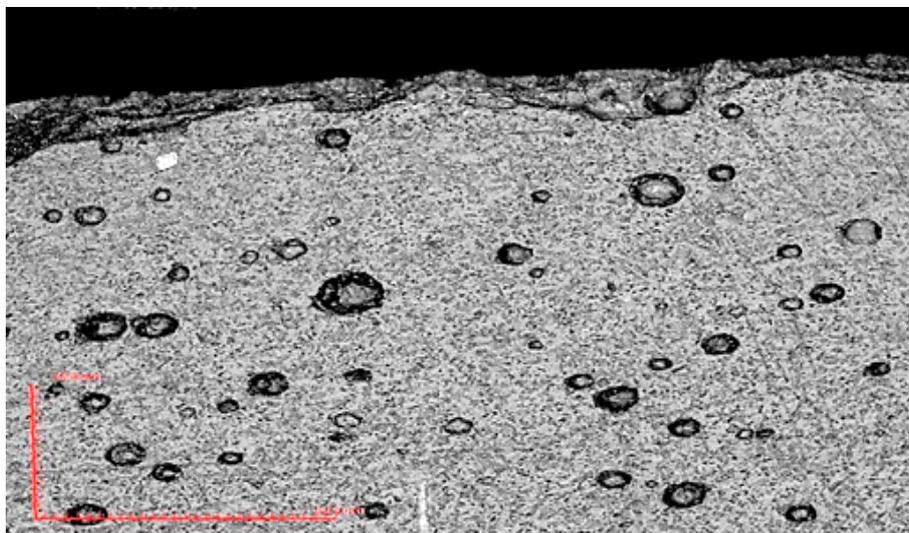


Figura 185: Microporos generados por acción del ácido fosfórico en la superficie del cemento de ionómero de vidrio convencional perteneciente al grupo 5, Ionofil Molar. OLS4000 3D LEXT x1260.

No.	Result	Width[μm]	Height[μm]	Length[μm]	Angle[$^\circ$]	File name
<input checked="" type="checkbox"/>	1	88,257	27,611	92,475	17,372	muestra1C
<input checked="" type="checkbox"/>	2	22,651	23,468	32,616	46,016	muestra1C
<input checked="" type="checkbox"/>	3	167,688	28,656	170,118	9,698	muestra1C
<input checked="" type="checkbox"/>	4	62,289	33,810	70,873	28,493	muestra1C
<input checked="" type="checkbox"/>	5	63,040	27,598	68,817	23,643	muestra1C
<input checked="" type="checkbox"/>	6	20,763	27,981	34,843	53,423	muestra1C
Count	6	6	6	6	6	6
Average		70,781	28,187	78,290	29,774	
Min.		20,763	23,468	32,616	9,698	
Max.		167,688	33,810	170,118	53,423	
Range		146,925	10,342	137,502	43,725	
σ		54,123	3,311	50,502	16,847	
3σ		162,370	9,934	151,506	50,542	
Tolerance		Off	Off	Off	Off	Off
Upper tolerance		0	0	0	0	0
Standard		0	0	0	0	0
Lower tolerance		0	0	0	0	0

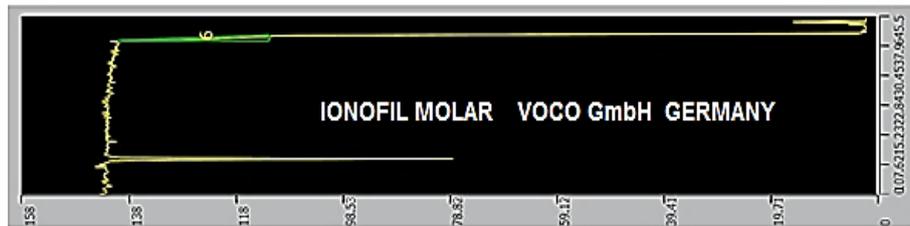


Figura 186: Informe sobre la cuantificación de microporosidad efectuado sobre la pared pulpar cavitaria perteneciente al grupo 5, Ionofil Molar. OLS4000 3D LEXT x1260.

h) Los microporos presentaron en las muestras del grupo 6 o GC Gold Label 9 depresiones de $15.34\mu\text{m}$, con una DS de $\pm 0.11\mu\text{m}$ y amplitudes de $17.70\mu\text{m}$, con una DS de $\pm 1.11\mu\text{m}$. (**Figuras 187, 188**).

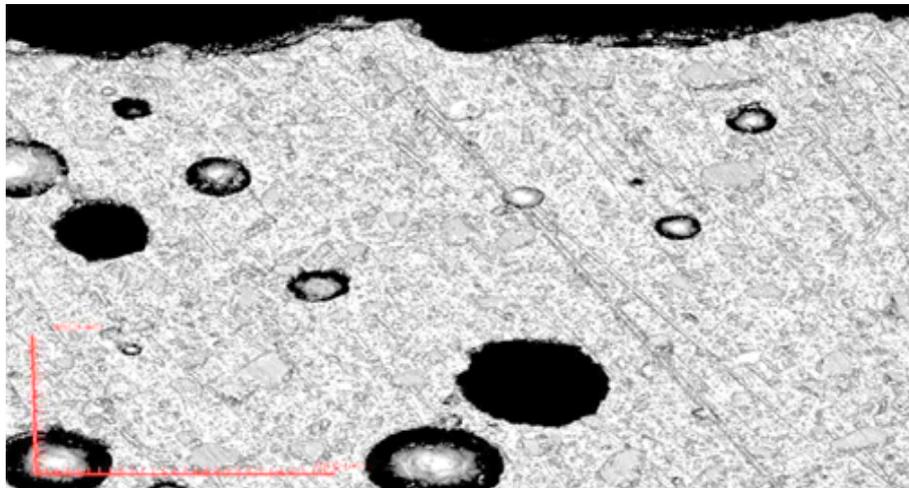


Figura 187: Microporos generados por acción del ácido fosfórico en la superficie del cemento de ionómero de vidrio perteneciente al grupo 6, GC Gold Label 9. OLS4000 3D LEXT x1260.

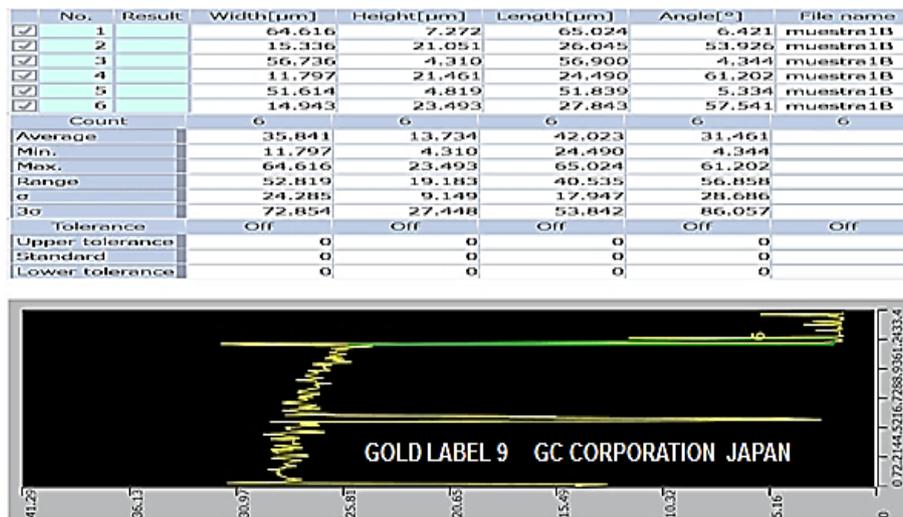


Figura 188: Reporte de la cuantificación de los microporos generados sobre la superficie ionomérica por acción del ácido fosfórico, perteneciente al grupo 6, GC Gold Label 9. OLS4000 3D LEXT x1260.

i) La interrelación estadística entre la profundidad de los microporos del grupo 1 (grupo control), con los del grupo 2 no resultaron estadísticamente significativos con $p > 0.05$; Las diferencias fueron en cambio significativas entre la profundidad de los microporos del grupo 1 con los grupos 3, 4, 5 y 6, con $p < 0.01$ y $p < 0.001$ respectivamente. (Figuras 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198).

ANOVA Nivel > 0.05			
ANOVA Selección entre Grupo 1Fuji Lining LC – Grupo 2 Vitremer			
Grupos	Media	Varianza	N
Fuji Lining LC	3.76	0.28253	20
Vitremer	4.16	0.88147	20
F = 2.74		p = > 0.05	
Las diferencias no son estadísticamente significativas			

Figura 189: Interrelación estadística entre la profundidad en micrómetros de los microporos del grupo 1 (grupo control) y los del grupo 2, generados por acción del ácido fosfórico en la superficie ionomérica.

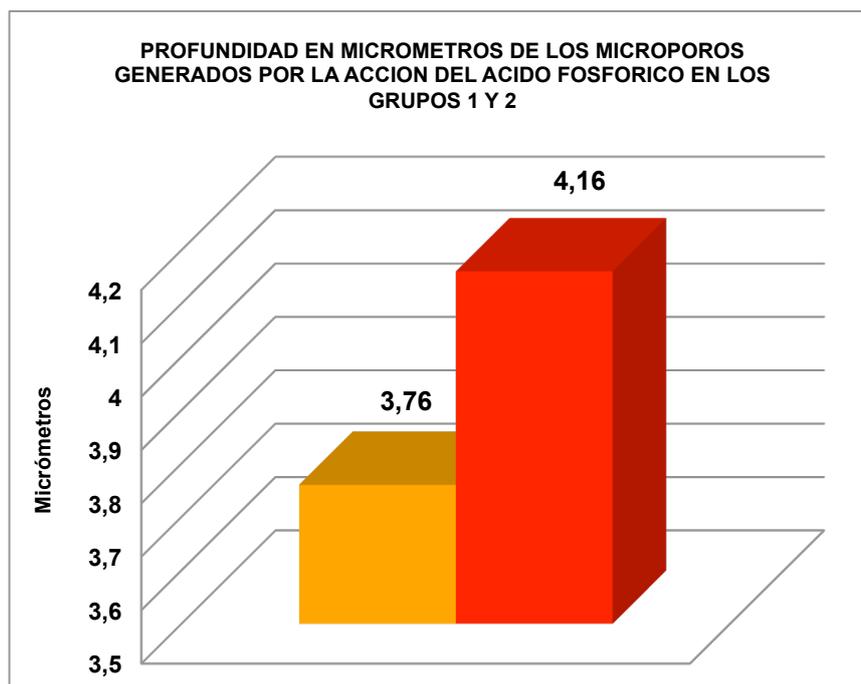


Figura 190: Gráfico estadístico de la profundidad en micrómetros de los microporos generados por acción del ácido fosfórico en la superficie de los cementos de ionómero de vidrio de los grupos 1 y 2.

ANOVA Nivel > 0.05			
ANOVA Selección entre Grupo 1 Fuji Lining LC - Grupo 3 EQUIA Fil			
Grupo	Media	VARIANZA	N
Fuji Lining LC	3.76	0.28253	20
EQUIA Fil	14.0	0.99621	20
F = 162.85		p = < 0.01	
Las diferencias son estadísticamente significativas			

Figura 191: Comparación estadística entre la profundidad en micrómetros de los microporos del grupo 1 (grupo control) y del grupo 3, producidos por acción del ácido fosfórico en la superficie de los dos ionómeros investigados.

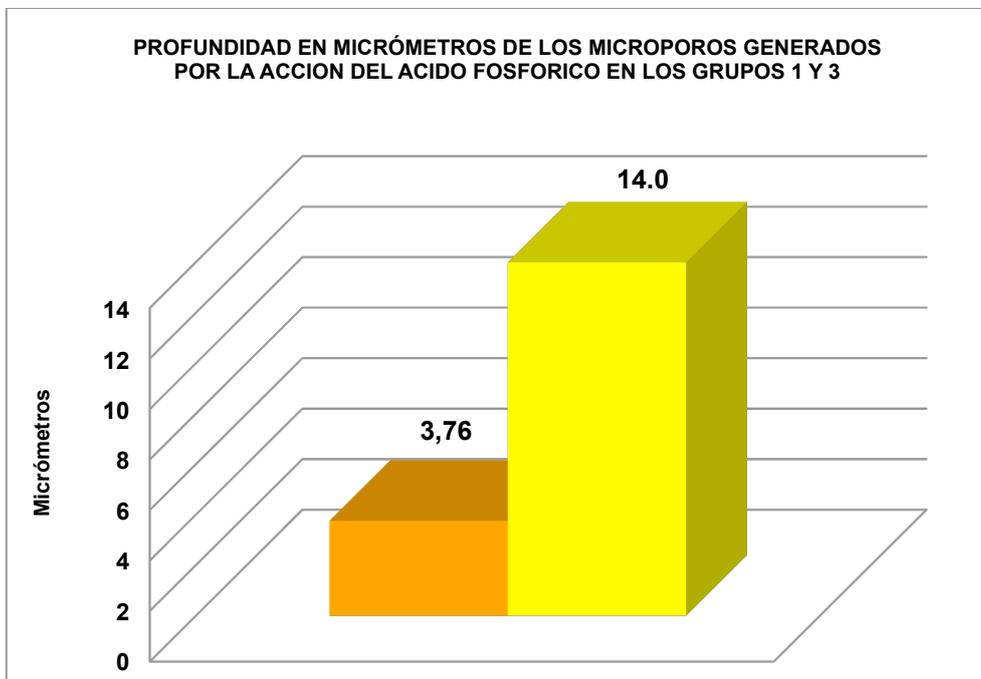


Figura 192: Gráfico estadístico de la profundidad en micrómetros de los microporos generados por acción del ácido fosfórico en la superficie de los cementos de ionómero de vidrio del grupo 1 y 3.

ANOVA Nivel > 0.05			
ANOVA Selección entre Grupo 1 Fuji Lining LC - Grupo 4 Ketac Molar Easymix			
Grupo	Media	VARIANZA	N
Fuji Lining LC	3.76	0.28253	20
Ketac Molar Easymix	7.36	139.818	20
F = 154.64		p = < 0.01	
Las diferencias son estadísticamente significativas			

Figura 193: Comparación estadística entre la profundidad en micrómetros de los microporos del grupo 1 (grupo control) y los del grupo 4, producidos por acción del ácido fosfórico en la superficie ionomérica.

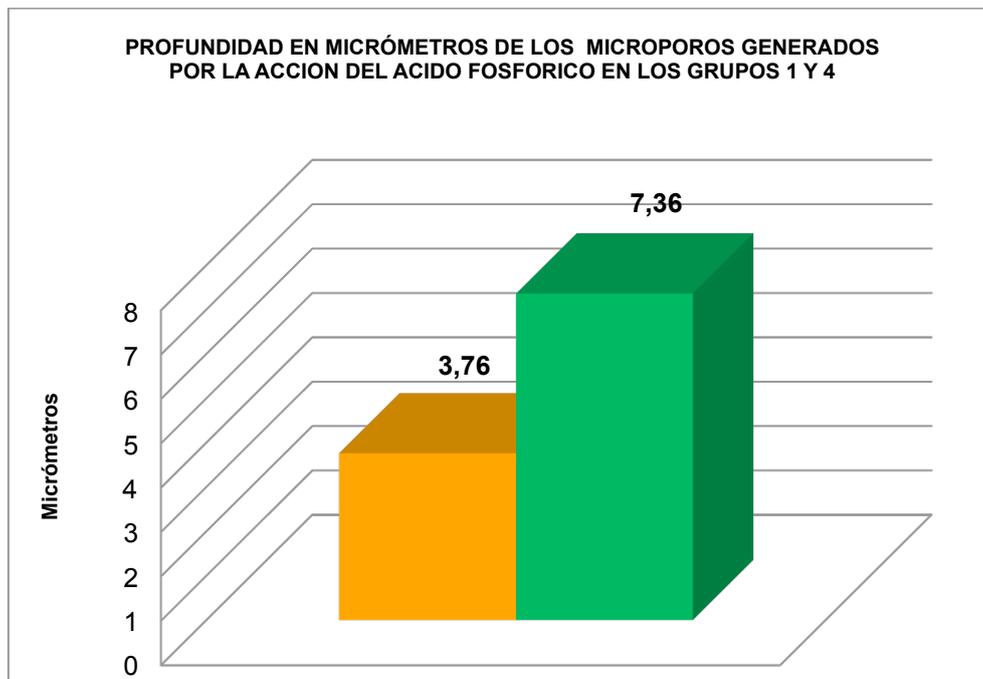


Figura 194: Gráfico estadístico de la profundidad en micrómetros de los microporos generados por acción del ácido fosfórico en la superficie de los cementos de ionómero de vidrio de los grupos 1 y 4.

ANOVA Nivel > 0.05			
ANOVA Selección entre Grupo 1 Fuji Lining LC - Grupo 5 Ionofil Molar			
Grupo	Media	VARIANZA	N
Fuji Lining LC	3.76	0.28253	20
Ionofil Molar	24.5	0.99208	20
F = 681.47		p = < 0.01	
Las diferencias son estadísticamente significativas			

Figura 195: Comprobación estadística entre la profundidad de los microporos en micrómetros del grupo 1 (grupo control) y los del grupo 5, producidos por acción del ácido fosfórico.

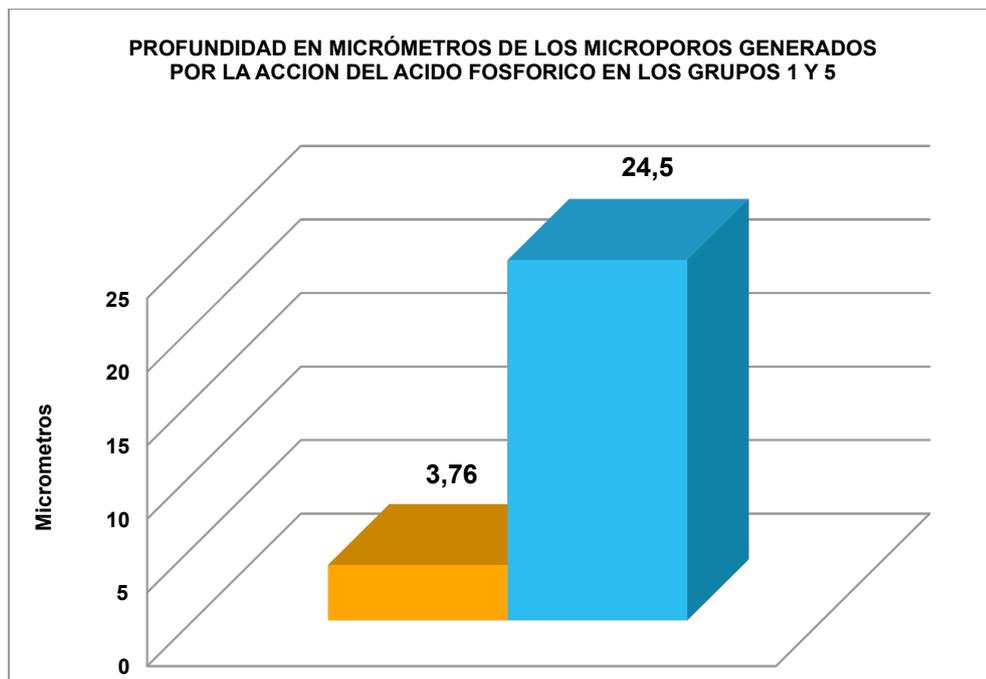


Figura 196: Gráfico estadístico de la profundidad en micrómetros de los microporos generados por acción del ácido fosfórico en la superficie de los cementos de ionómero de vidrio de los grupos 1 y 5.

ANOVA Nivel > 0.05			
ANOVA Selección entre Grupo 1 Fuji Lining LC - Grupo 6 GC Gold Label 9			
Grupo	Media	VARIANZA	N
Fuji Lining LC	3.76	0.28253	20
GC Gold Label 9	15.34	0.45095	20
F = 3656.47		p = < 0.001	
Las diferencias son estadísticamente significativas			

Figura 197: Interrelación estadística entre la profundidad en micrómetros de los microporos del grupo 1 (grupo control) y los del grupo 6, producidos por acción del ácido fosfórico en la superficie de los dos ionómeros evaluados.

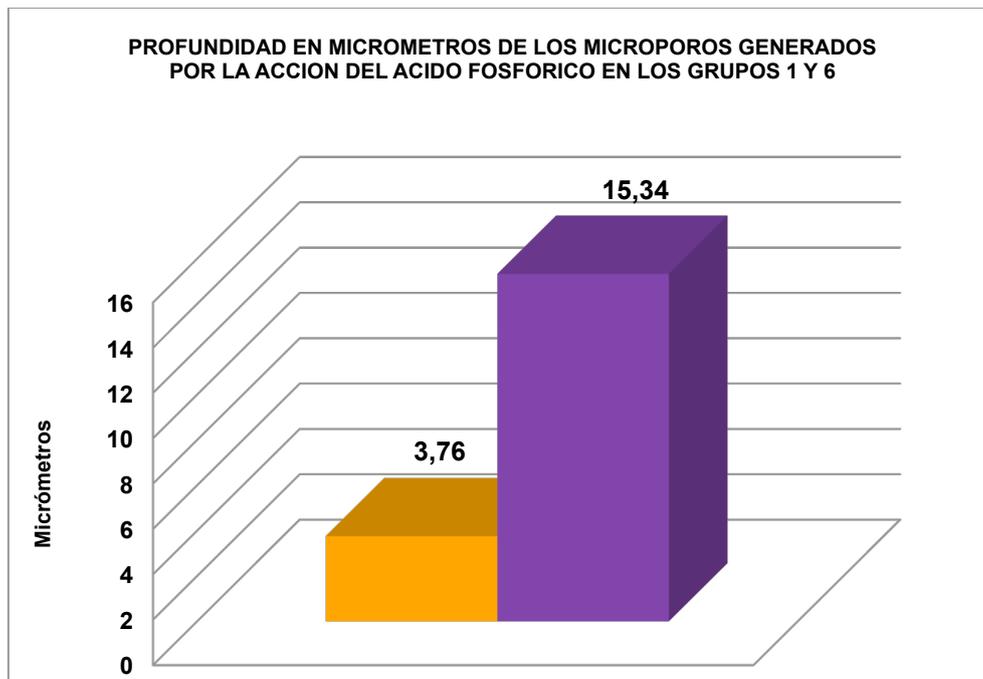


Figura 198: Gráfico estadístico de la profundidad en micrómetros de los microporos generados por acción del ácido fosfórico en la superficie de los cementos de ionómero de vidrio del grupo 1 y 6.

j) Las diferencias fueron muy significativas entre la amplitud de los microporos del grupo 5 y todos los demás grupos; la comparación estadística entre la amplitud de los microporos del grupo 1 (grupo control), con los todos los demás grupos fue estadísticamente significativa: con el grupo 2 con $p < 0.01$ y con los grupos 3, 4, 5 y 6 con $p < 0.001$ respectivamente. (Figuras 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208).

ANOVA Nivel > 0.05			
ANOVA Selección entre Grupo 1 Fuji Lining LC - Grupo 2 Vitremer			
Grupo	Media	VARIANZA	N
Fuji Lining LC	3.41	0.95463	20
Vitremer	4.89	0.78366	20
F = 25.37		p = < 0.01	
Las diferencias son estadísticamente significativas			

Figura 199: Cotejo estadístico de la amplitud en micrómetros entre los microporos del grupo 1 (grupo control) y los del grupo 2, generados por acción del ácido fosfórico.

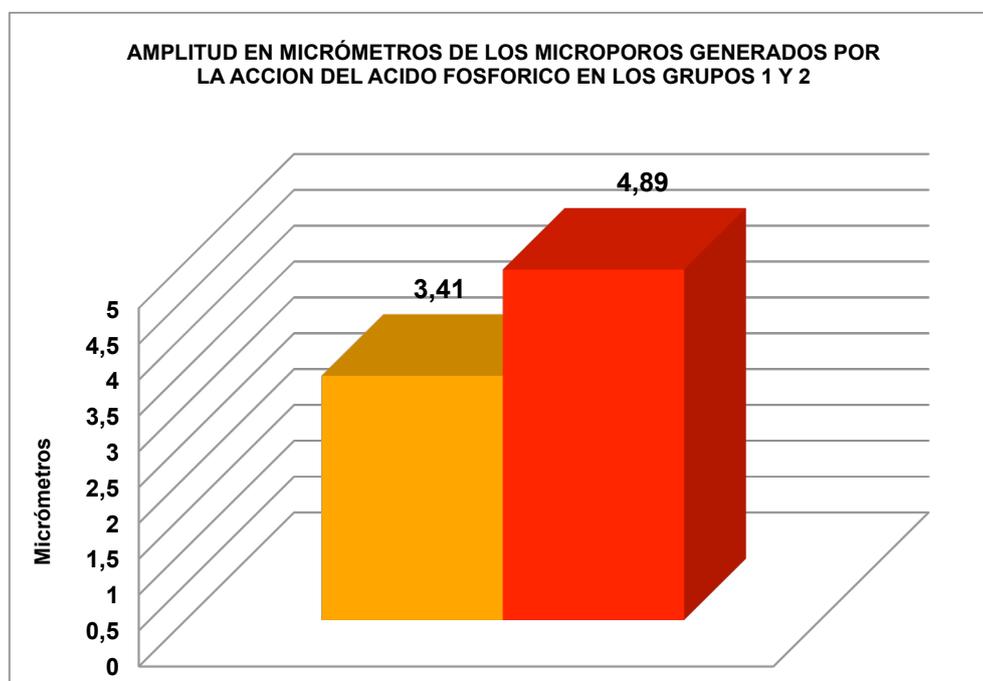


Figura 200: Gráfico estadístico de la amplitud en micrómetros de los microporos formados por acción del ácido fosfórico sobre la superficie de los cementos de ionómero de vidrio del grupo 1 y 2.

ANOVA Nivel > 0.05			
ANOVA Selección entre Grupo 1 Fuji Lining LC - Grupo 3 EQUIA Fil			
Grupo	Media	VARIANZA	N
Fuji Lining LC	3.41	0.95463	20
EQUIA Fil	16.12	0.36589	20
F = 246.6		p = < 0.001	
Las diferencias son estadísticamente significativas			

Figura 201: Comprobación estadística de la amplitud en micrómetros entre los microporos del grupo 1 (grupo control) y los del grupo 3 EQUIA Fil, creados por acción del ácido fosfórico en la superficie de los dos CIV investigados.

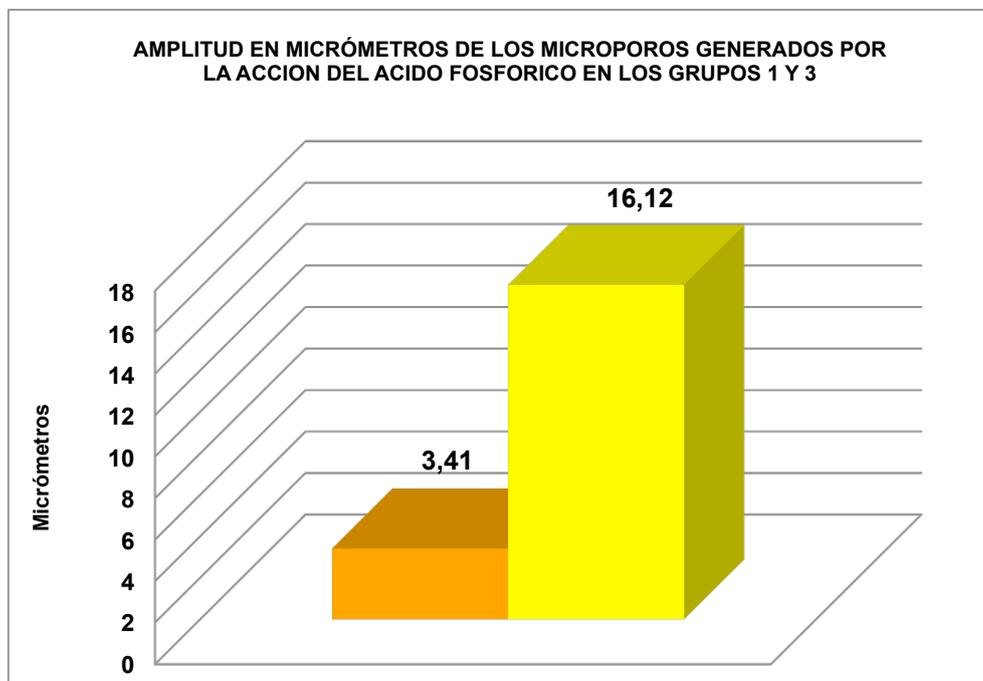


Figura 202: Gráfico estadístico de la amplitud en micrómetros de los microporos producidos por acción del ácido fosfórico en la superficie de los cementos de ionómero de vidrio del grupo 1 y 3.

ANOVA Nivel > 0.05			
ANOVA Selección entre 1 Fuji Lining LC - Grupo 4 Ketac Molar Easymix			
Grupo	Media	VARIANZA	N
Fuji Lining LC	3.41	0.95463	20
Ketac Molar Easymix	19.46	0.36239	20
F = 394.31		p = < 0.001	
Las diferencias son estadísticamente significativas			

Figura 203: comparación estadística de la amplitud en micrómetros entre los microporos del grupo 1 (grupo control) y los del grupo 4 Ketac Molar Easymix, creados por acción del ácido fosfórico sobre la superficie ionomérica.

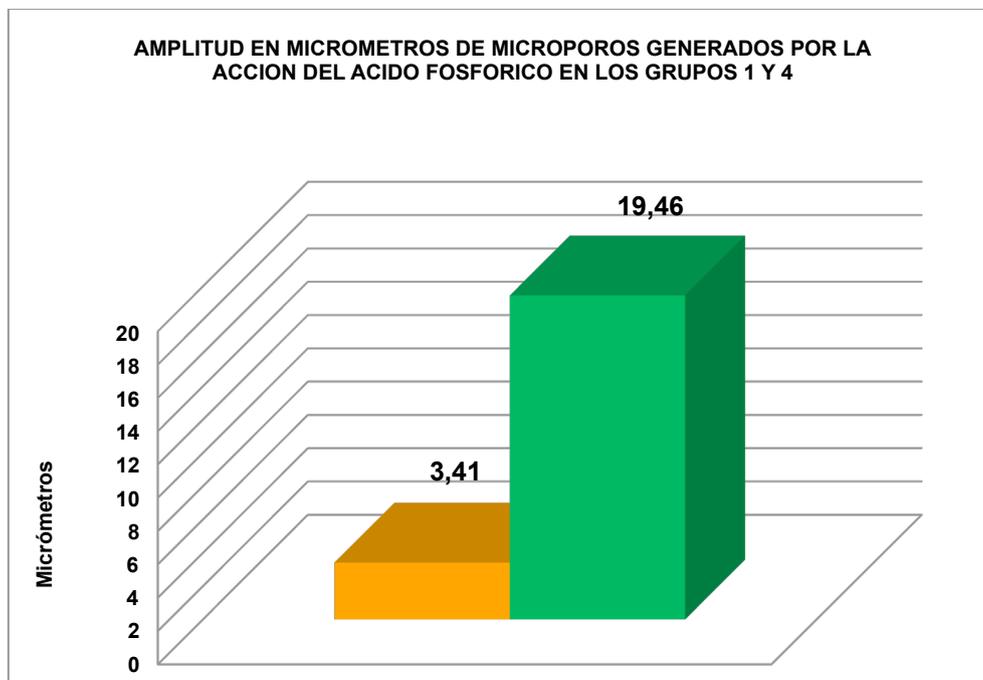


Figura 204: Gráfico estadístico de la amplitud en micrómetros de los microporos originados por acción del ácido fosfórico en la superficie de los cementos de ionómero de vidrio del grupo 1 y 4.

ANOVA Nivel > 0.05			
ANOVA Selección entre Grupo 1 Fuji Lining LC - Grupo 5 Ionofil Molar			
Grupo	Media	VARIANZA	N
Fuji Lining LC	3.41	0.95463	20
Ionofil Molar	58.67	112.934	20
F = 291.50		p = < 0.001	
Las diferencias son estadísticamente significativas			

Figura 205: Cotejo estadístico de la amplitud en micrómetros entre los microporos del grupo 1 (grupo control) y los del grupo 5 Ionofil Molar, originados por acción del ácido fosfórico en la superficie de los dos CIV valorados.

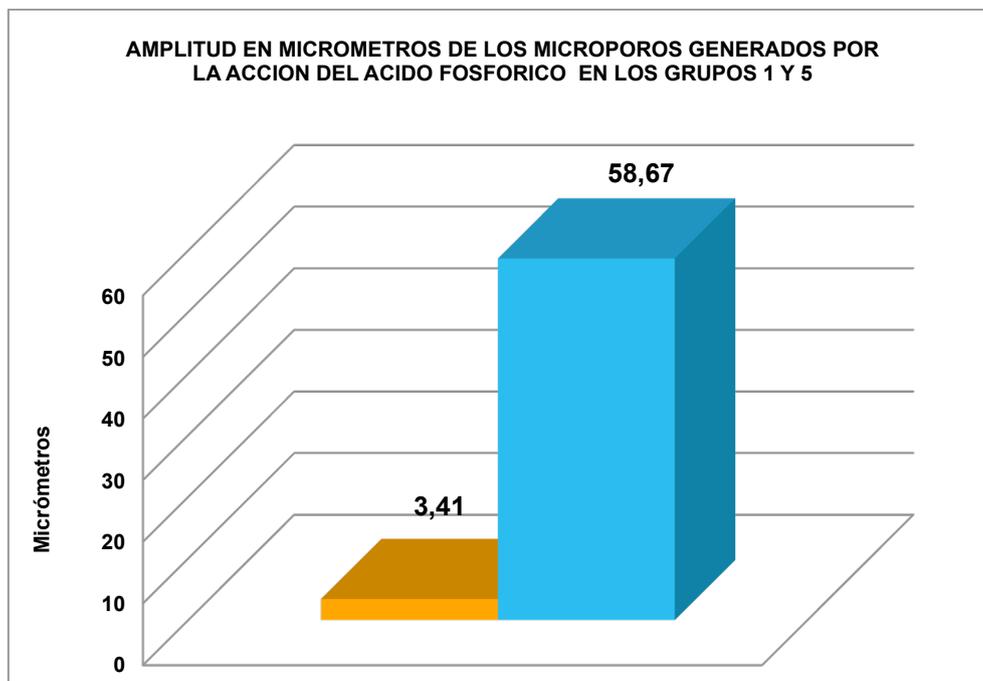


Figura 206: Gráfico estadístico de la amplitud en micrómetros de los microporos generados por acción del ácido fosfórico en la superficie de los cementos de ionómero de vidrio del grupo 1 y 5.

ANOVA Nivel > 0.05			
ANOVA Selección entre Grupo 1 Fuji Lining LC - Grupo 6 GC Gold Label 9			
Grupo	Media	VARIANZA	N
Fuji Lining LC	3.41	0.95463	20
GC Gold Label 9	17.70	1.123.629	20
F = 185.39		p = < 0.001	
Las diferencias son estadísticamente significativas			

Figura 207: Comparación estadística de la amplitud en micrómetros entre los microporos del grupo 1 (grupo control) y los del grupo 6 GC Gold Label 9, causados por acción del ácido fosfórico sobre la superficie de los dos CIV evaluados.

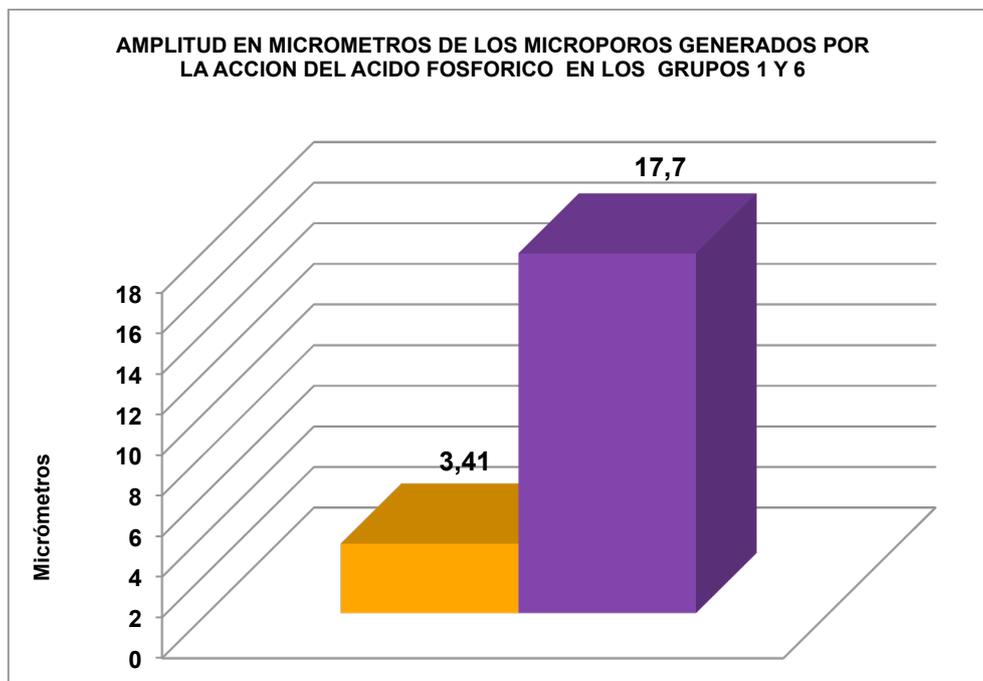


Figura 208: Gráfico estadístico de la amplitud en micrómetros de los microporos creados por acción del ácido fosfórico en la superficie de los cementos de ionómero de vidrio de los grupos 1 y 6.

CONCLUSIONES

- 1) El ácido fosfórico al 34.5% aplicado durante un lapso de 15 segundos produce microporos de distintas profundidades y amplitudes en todas las superficies expuestas de los cementos de ionómeros de vidrio investigados;
- 2) El ácido fosfórico y/o el agua de lavado no generaron en los lapsos utilizados, grietas, fisuras y/o fracturas en la estructura de los diferentes CIV analizados en la experimentación;
- 3) Se pudo evidenciar la formación de microporosidad en los cementos de ionómero de vidrio modificados por resinas, a pesar de los monómeros incorporados;
- 4) La mayor microporosidad fue comprobada en los cementos de ionómero de vidrio convencionales y en los de alta viscosidad;
- 5) La microporosidad producida por la acción del ácido fosfórico sobre la superficie expuesta de los CIV investigados, sería positiva y posibilitaría la unión micromecánica entre el sistema adhesivo monomérico con los distintos cementos de ionómeros de vidrio y la posterior restauración con una resina compuesta de alta densidad por técnica laminar o sandwich.

D) INTERFACE DE UNIÓN DE LOS CEMENTOS DE IONÓMERO DE VIDRIO CON EL ADHESIVO AUTOACONDICIONANTE Y LA RESINA COMPUESTA DE ALTA DENSIDAD DE RESTAURACIÓN

La técnica laminar utiliza dos biomateriales restauradores directos para obtener el máximo beneficio biológico, físico y estético de las propiedades de cada uno de ellos. Estas propiedades sumadas a la adhesión, se utilizan para lograr un modelo monolítico en la reconstrucción de un diente. Para ello se emplea un cemento de ionómero de vidrio convencional de alta viscosidad, biocompatible y con elevada liberación de fluoruro es empleado para sellar dentina y cuando ha solidificado, se cubre en la superficie con una resina compuesta de alta densidad nanoparticulada.

Cuando una resina compuesta se aplica sobre un ionómero de vidrio convencional o de alta viscosidad, el ionómero y el esmalte se deben acondicionar con ácido fosfórico en alta concentración antes de la colocación del adhesivo monomérico y del sistema resinoso compuesto de alta densidad.

Las preparaciones cavitarias fueron acondicionadas por frotado con un microbrush durante 30 segundos, con el adhesivo autoacondicionante GC-Bond (One Component Self-Etching Light-Cured Adhesive GC Corporation, Japan), aireado para evaporar el solvente con aire deshumidificado y frío por 5 segundos y fotopolimerizado por 20 segundos con lámpara LED Celalux (VOCO GmbH, Germany), con un rango de emisión de 800mW/cm².

Posteriormente, las preparaciones fueron obturadas con GC Solare X, Light-Cured Radiopaque Restaurative Nanohibride (Lote 1201051, GC Corp., Japan), en una sola capa de 2.0mm y empaquetada con un instrumento conoideo de G.Hartzell & Son (USA); consecutivamente el composite fue fotopolimerizado desde oclusal por 30 segundos con la misma lámpara LED y el mismo rango de emisión utilizado anteriormente.

Los dientes así preparados fueron cortados con micrótopo para tejidos duros en sentido buco-lingual, con profusa refrigeración acuosa, con una presión sobre el corte de 100g y una velocidad 500rpm, en tres láminas de 450µm con Isomet 1000 (Buehler Co., USA).

Ulteriormente, se efectuó un pulido fino con discos de carburo de silicio de granulometría decreciente de 600 a 1200 y paños rotatorios con partículas de diamante de 0,5µm (Buehler Co. USA), con una pulidora metalográfica (Praxis Argentina).

Los cortes fueron sumergidos en una solución del fluoróforo Rhodamina B al 0.1% (Sigma-Aldrich Inc., USA), a 37.0° Celsius por un lapso de 60 minutos para su posterior observación mediante microscopía confocal laser de barrido por reflexión, OLS4000 3D LEXT, Olympus, Japan de LAMARX, Universidad Nacional de Córdoba. Ulteriormente la muestra correspondiente al CIVAV EQUIA Fil, fue metalizada con carbono y analizada con FEG SEM (Zeiss Sigma, Germany).

Su topología tridimensional fue valorada determinando la interface de unión o adhesión de los cementos de ionómeros de vidrio con el adhesivo autoacondicionante y la resina compuesta de alta densidad para restauraciones.

A través de esta tecnología se pudieron determinar los siguiente resultados:

RESULTADOS

- a) La interface de unión micromecánica entre la superficie acondicionada con ácido fosfórico de los cementos de ionómero de vidrio convencionales y de alta viscosidad con el sistema adhesivo y la resina compuesta de alta densidad, no registró microfisuras, hiatos o gaps. (**Figuras 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216**).
- b) La interface de adhesión química y micromecánica entre la superficie acondicionada con ácido fosfórico de los cementos de ionómero de vidrio modificados con resinas con el sistema adhesivo y la resina compuesta de alta densidad, no registró microfisuras o hiatos.
- c) La interface de adhesión química o de unión micromecánica entre la superficie acondicionada con ácido fosfórico de todos los cementos de ionómero de vidrio investigados con el sistema adhesivo y la resina compuesta de alta densidad, no presentó desadaptaciones, hiatos o fracturas, por lo que se podría emplear la técnica laminar en los casos clínicos que así lo requieran.

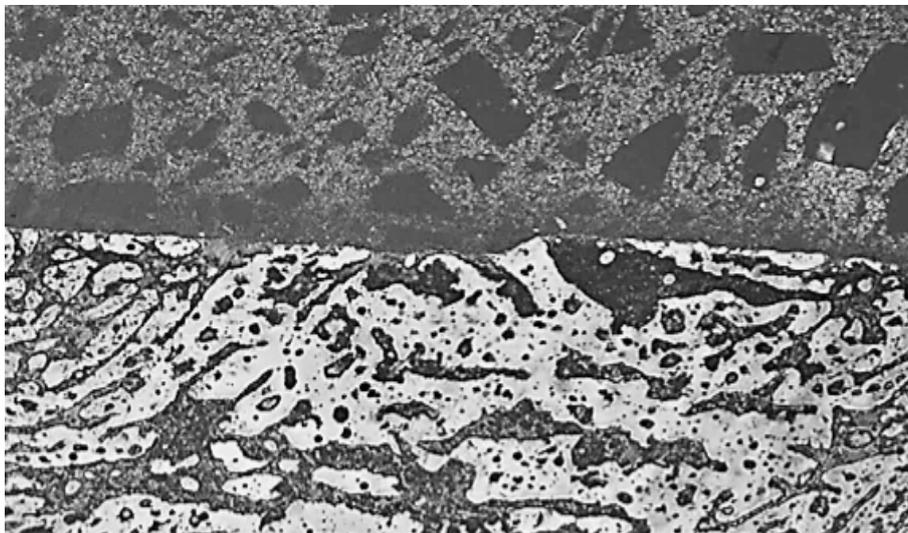


Figura 209: *Interface de adhesión química y micromecánica entre la superficie acondicionada con ácido fosfórico del cemento de ionómero de vidrio modificado con resina, Fuji Lining LC con el sistema adhesivo G-Bond y la resina compuesta de alta densidad nanohíbrida Solare X. Se puede observar la correcta interfase sin hiatos. OLS4000 3D LEXT x1260.*

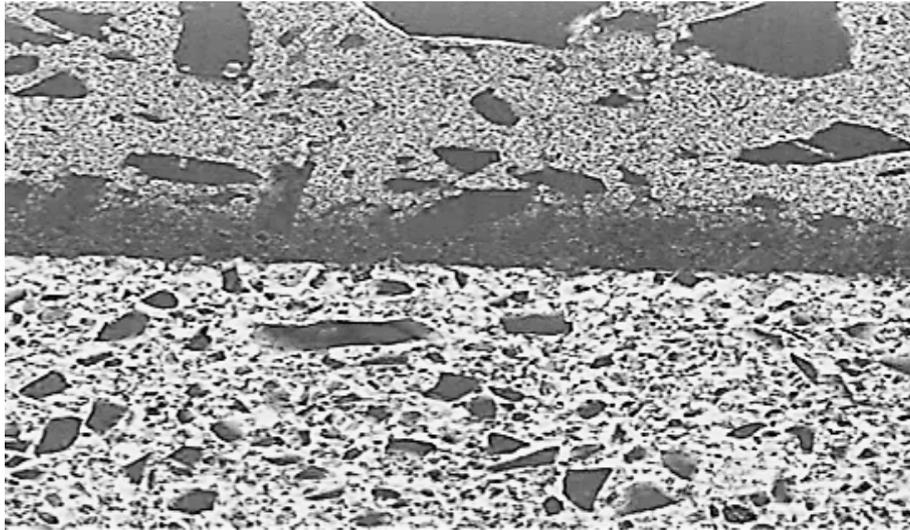


Figura 210: Micrografía de la interface de adhesión química y micromecánica entre el cemento de ionómero de vidrio de triple curado, Vitremer con el sistema adhesivo G-Bond y la resina compuesta de alta densidad nanohíbrida Solare X. Nótase la correcta adhesión en la interface. OLS4000 3D LEXT x1260

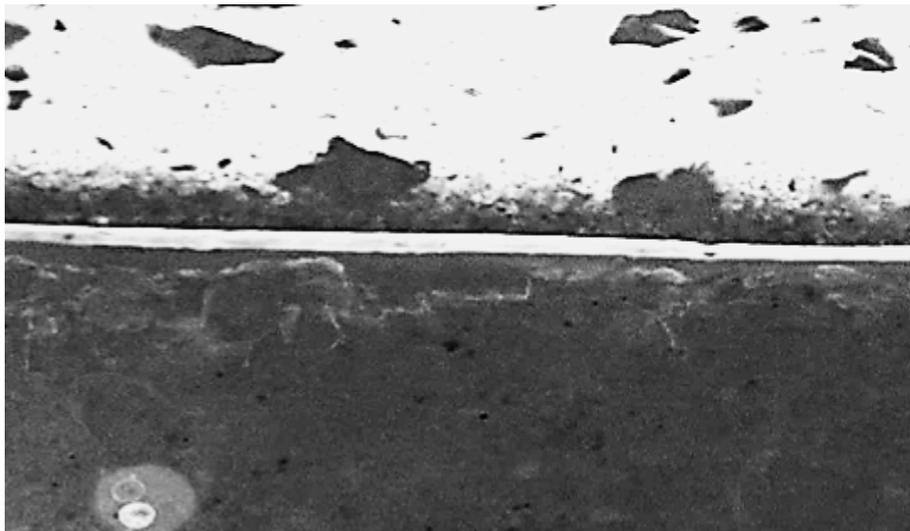


Figura 211: Interface de unión micromecánica entre el cemento de ionómero de vidrio de alta viscosidad EQUIA Fil con el sistema adhesivo G-Bond y la resina compuesta de alta densidad nanohíbrida Solare X. Se puede observar la íntima unión entre la capa del adhesivo con el cemento ionomérico y la resina de restauración. OLS4000 3D LEXT x1260.

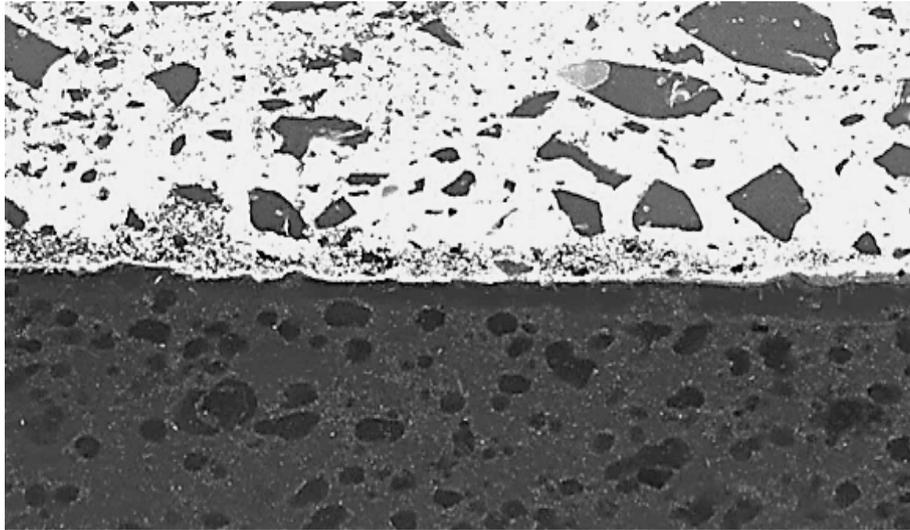


Figura 212: Micrografía de la unión micromecánica entre el cemento de ionómero de vidrio Ketac Molar Easymix con el sistema adhesivo G-Bond y la resina compuesta de alta densidad nanohíbrida Solare X. Nótese correcta unión entre la capa del adhesivo con el cemento ionomérico y la resina de restauración. OLS4000 3D LEXT x1260.

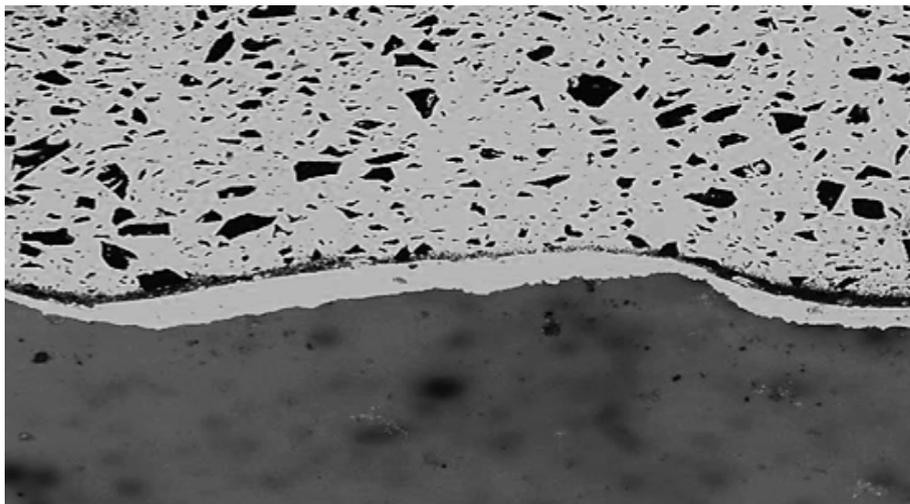


Figura 213: Interface de la unión micromecánica entre el cemento de ionómero de vidrio Ionofil Molar con el sistema adhesivo G-Bond y la resina compuesta de alta densidad nanohíbrida Solare X. Nótese la unión entre la capa del adhesivo con el cemento ionomérico y la resina compuesta. OLS4000 3D LEXT x1260.

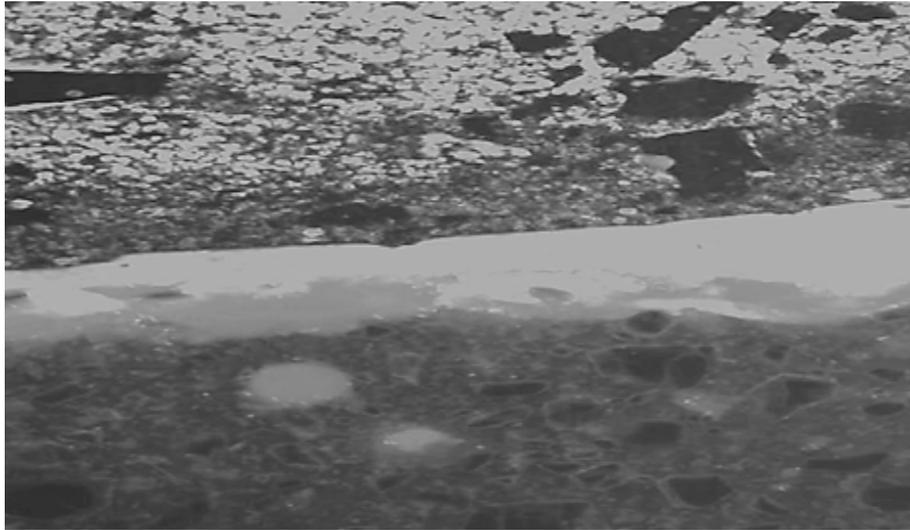


Figura 214: Micrografía de la interface de unión micromecánica entre el cemento de ionómero de vidrio GC Gold Label 9 con el sistema adhesivo G-Bond y la resina compuesta de alta densidad nanohíbrida Solare X. Se puede observar la apropiada unión entre el agente adhesivo con el cemento ionomérico y la resina compuesta. OLS4000 3D LEXT x1260.

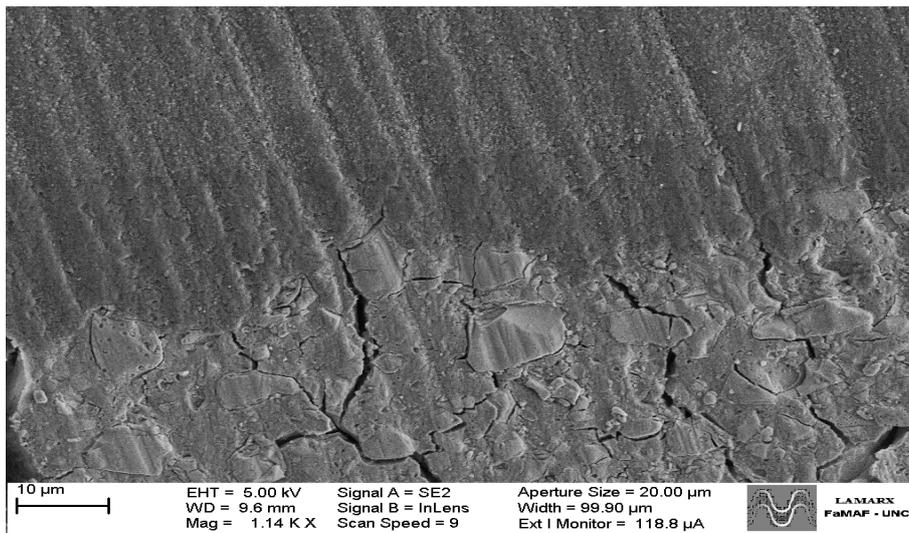


Figura 215: Micrografía de la interface de unión entre el cemento de ionómero de vidrio de alta viscosidad EQUIA Fil con el sistema adhesivo G-Bond y la resina compuesta de alta densidad nanohíbrida Solare X. Se puede observar la correcta unión micromecánica entre sistema adhesivo, cemento ionomérico y resina compuesta. FEG SEM x1140.

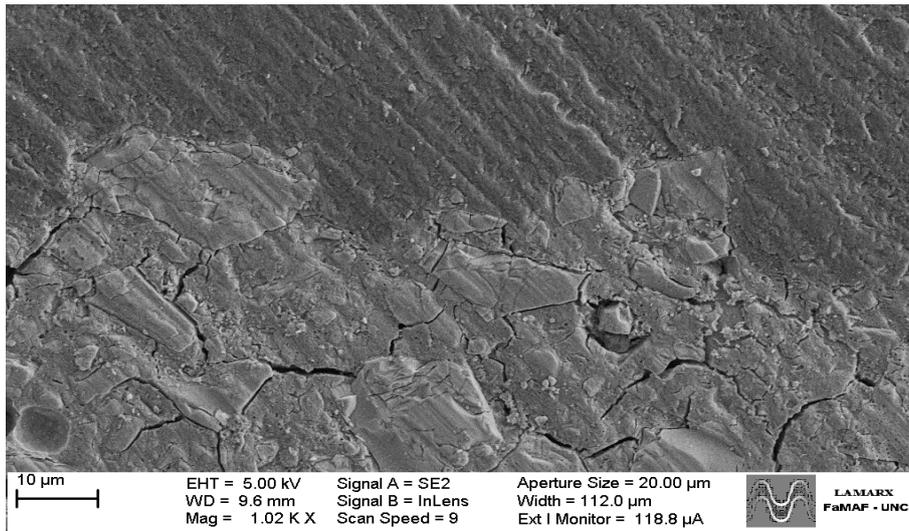


Figura 216: Micrografía de la interface de unión entre el cemento de ionómero de vidrio EQUA Fil con el sistema adhesivo G-Bond y la resina compuesta de alta densidad nanohíbrida Solare X. Nótese la adecuada unión micromecánica entre el agente adhesivo con el cemento ionomérico y la resina compuesta. FEG SEM x1020.

CONCLUSIONES

- 1) Los cementos de ionómeros de vidrio convencionales y de alta viscosidad, en su unión micromecánica con el sistema adhesivo y la resina compuesta de alta densidad, no registraron microfisuras, hiatos o fracturas;
- 2) La interface de adhesión química entre la superficie acondicionada con ácido fosfórico al 34.5%, de todos los cementos de ionómeros de vidrio modificados con resinas, con el sistema adhesivo y la resina compuesta de alta densidad, no registraron microfisuras o hiatos;
- 3) La correcta interface de adhesión química o de unión micromecánica sin hiatos o desadaptaciones entre la superficie acondicionada con ácido fosfórico de todos los cementos de ionómeros de vidrio evaluados, con el sistema adhesivo y la resina compuesta de alta densidad, posibilitaría la utilización de la técnica laminar o sandwich en los casos clínicos que así lo requieran.

CONCLUSIÓN DE TESIS

De acuerdo a los resultados obtenidos en los diferentes trabajos de investigación realizados, se ha podido confirmar la Hipótesis de Tesis planteada a través de la siguiente conclusión:

“Los Cementos de Ionómero de vidrio de alta viscosidad para restauración, programados por los fabricantes para su aplicación en bloque, aumentarían la adhesión-adaptación y el sellado cavitario en preparaciones cavitarias profundas y extensas de Clase 1, restauradas por técnica laminar o sandwich”

DISCUSIÓN

Con el advenimiento de los cementos de ionómero de vidrio de alta viscosidad (CIVAV), se abre una nueva alternativa para la reconstrucción físico-mecánica y estética de los elementos dentarios.

En la técnica laminar o sandwich se puede observar clínicamente como los CIV de alta viscosidad reemplazan el tejido perdido, como también protegen y respetan la biología del órgano dentinopulpar. (Hidalgo Lostaunau RC y Méndez Renderos ME 2009).

Los CIVAV como EQUIA Fil, instaura un sistema de restauración autoadhesivo que posibilita un manejo rápido y sencillo con una excelente estética; otorga lapsos de trabajo más satisfactorios, mayor resistencia compresiva, flexural y al desgaste, conjuntamente con una mínima solubilidad, sin perder su activación química-micromecánica con estructuras como el esmalte y los tejidos del diente como dentina y cemento.

EQUIA Fil, contiene un nanorelleno con alta liberación de fluoruro que protege la integridad marginal de las restauraciones y debido a ello desarrolla un microambiente antibacteriano; se puede aplicar en restauraciones de Clase 1, 2 y 5, en todos los grupos etarios, con la ventaja que se puede insertar en bloques de 4.0mm (bulk-fil).

Este CIVAV se complementa con GC EQUIA Coat, resina fotopolimerizable con alta carga de nanorelleno, que protege al ionómero contra el desgaste y la hidratación e incrementa la estética y dureza de la superficie restaurada durante 9 a 12 meses, que es su lapso de mayor susceptibilidad a la acción de los ácidos débiles de la cavidad bucal.

Friedl K et al 2011, evaluaron la idoneidad y performance clínica de un ionómero de vidrio de alta viscosidad EQUIA Fil en un estudio retrospectivo como material de restauración permanente. Sobre 26 restauraciones de Clase 1 y 125 de Clase 2, fueron usados en (n = 94) molares y (n = 57) en premolares permanentes, en 43 pacientes. Las restauraciones se evaluaron con un aumento de x4,5 y el análisis estadístico se realizó a través de Pearson Chi cuadrado-test con $p < 0,05$. Concluyen asegurando que dentro de las limitaciones del estudio se podría utilizar EQUIA Fil como material de restauración permanente en Clase 1 de cualquier tamaño volumétrico y en Clase 2 con volúmenes cavitarios

menores. Los sistemas modernos de ionómero de vidrio no sólo pueden servir como provisionales de larga duración, sino también como restauraciones permanentes en dientes posteriores.

Molina GF et al 2013, valoraron el rendimiento mecánico de CIVAV encapsulados para su uso en Tratamientos Restauradores Atraumáticos (ART), en pacientes con discapacidad. Probando como hipótesis nula que no existirían diferencias en la tensión diametral, a la compresión y a la flexión entre, EQUIA Fil y Chemfil Rock ambos encapsulados y Fuji 9 Gold Label y Ketac Molar Easymix mezclados en losetas. Las muestras fueron sometidas a pruebas de flexión (n = 240), de tracción diametral (n = 80) y a resistencia compresiva (n = 80), sobre restauraciones ART en preparaciones de Clase 2. Se utilizó análisis de ANOVA y prueba de Tukey. Concluyen que los dos cementos de ionómeros de vidrio encapsulados obtuvieron los valores más altos en las tres pruebas de resistencia realizadas.

Gurgan S et al 2015, valoraron el rendimiento clínico de un sistema restaurador de ionómero de vidrio comparado con un composite posterior microhíbrido, luego de 60 meses de evaluación clínica. Obturaron un total de 140 dientes (80 C/1 y 60 C/2), de 59 pacientes. Las cavidades fueron restauradas con CIVAV EQUIA Fil + EQUIA Coat y sistema resinoso compuesto Gradia Direct Posterior GC Corporation, Japan, por operadores experimentados. Dos examinadores independientes evaluaron las obturaciones a los 12, 24, 36, 48 y 60 meses de acuerdo con los criterios del Servicio de Salud Pública de USA. Los datos estadísticos fueron analizados con McNemar, Cochrons'Q y Chi-Cuadrado con $p < 0.05$. Después de 60 meses ninguna de las restauraciones presentó deterioro anatómico superficial, caries secundarias, sensibilidad postoperatoria y sin cambios de color ($p > 0.05$). Las restauraciones efectuadas con EQUIA Fil y Gradia Direct presentaron similar performance clínica después de 60 meses de evaluación.

Vaid DS et al 2015, evaluaron clínicamente "in vivo" sobre Ochenta y siete lesiones cervicales no cariosas, EQUIA Fil, con GC Gold Label 2, modificado con resina CIVMR y una resina compuesta nanohíbrida Tetric N-Ceram, con la finalidad de establecer el material más adecuado para su restauración. La evaluación clínica de las restauraciones se realizó siguiendo los criterios del Servicio de Salud Pública de USA, por un solo operador. Los datos fueron formulados y el análisis estadístico se realizó mediante la prueba de Chi-

cuadrado. No se encontraron diferencias significativas entre EQUIA, CIVMR y la resina compuesta nanohíbrida al mes, a los 6 meses y al año de seguimiento ($p > 0,05$).

EQUIA Fil como CIVAV puede ser aplicado en preparaciones pequeñas, medianas, grandes y extensas Clase 1, 2 y 5 de Black GV 1908 y de la Clasificación de Mount GJ y Hume WR 1997 modificada por Lafargues JJ 2000; sin embargo clínicamente existen desgastes en forma de cráter volcánico en las áreas de contactos oclusales con el antagonista (OCA, Oclusal Contact Area) y en menor proporción en las zonas no expuestas al contacto directo (CFA, Contact Free Area), en forma semejante a lo que ocurría en las primeras resinas compuestas de macropartículas e híbridas primitivas, como se ha podido comprobar clínicamente. (Black GV 1908; Uribe Echevarría J et al 1990; Mount GJ y Hume WR 1997; Lafargues JJ 2000).

Sobre esta base, hay pruebas de que el recubrimiento con resina compuesta de alta densidad optimiza las propiedades físicas de la restauración de EQUIA Fil; al reemplazar el tejido dentario perdido, protege y respeta la biología del órgano dentinopulpar al ser biocompatible con el mismo, por lo que su utilización en la técnica laminar o sándwich estaría revelando resultados muy prometedores.

La técnica laminar emplea dos materiales restauradores directos para obtener el máximo beneficio biológico, físico y estético de las propiedades de cada material. Estas propiedades sumadas a la adhesión, se utilizan para lograr un modelo único y monolítico en la reconstrucción de un diente, siendo ya utilizadas por Uribe Echevarría J et al 1990, en restauraciones cervicales.

Un CIVAV, biocompatible y con elevada liberación de fluoruro es empleado para sellar dentina y cuando ha solidificado completamente, se cubre en la superficie con una resina compuesta nanoparticulada de alta densidad. Cuando una resina compuesta se aplica sobre un CIV convencional, éste y el esmalte se deben acondicionar con ácido fosfórico en alta concentración previo al empleo del sistema resinoso compuesto de alta densidad nanohíbrido. (Mount GJ, Ngo H 2000; Mount GJ, Hume WR 2005; Chalmers JM 2006).

El concepto de técnica laminar o sandwich sugerido específicamente por McLean JW 1985, es de mucha utilidad en los casos de preparaciones cavitarias medianas 1.2, 2.2, 3.2, grandes 1.3, 2.3, 3.3 y extensas 1.4, 2.4, 3.4,

expuestas a elevado riesgo o estrés oclusal. (Mount GJ y Hume WR 1997; Lafargues JJ 2000).

Así, se han descrito tres metodologías, para reducir el estrés de contracción: a) La técnica incremental o en capas de resina compuesta no mayores a 1,5 o 2,0mm; b) La intercalación de una capa de resina flow o fluida y actualmente una resina bulk fil y c) La técnica laminar o sándwich que combina CIV con resinas compuestas de alta densidad y como se emplea una menor proporción de resina compuesta, se reduce la contracción de polimerización generada por la resina polimérica. (Knibbs P 1992).

Sin embargo, la *técnica laminar simplificada* que proponemos, consiste en restaurar una preparación cavitaria mediana, grande o extensa con un CIV de alta viscosidad e inmediatamente aplicar en el área de alto riesgo o estrés oclusal una resina compuesta de alta densidad con carga inorgánica nanoparticulada; para lo cual se deben tener en cuenta los registros oclusales en PMI, retrusión, protrusión, lateralidad y deglución, marcados previamente al tallado cavitario. El espesor de capa del sistema resinoso compuesto no sobrepasaría los 1.5 a 2.0mm de espesor de capa.

De acuerdo con la Hipótesis: *Los cementos de ionómero de vidrio de alta viscosidad para restauración, programados para su aplicación en bloque aumentarían la adhesión y el sellado cavitario, en preparaciones cavitarias profundas y extensas de Clase 1, restauradas por técnica laminar o sándwich.*

Cumplimentando el Objetivo General, fue propósito de esta investigación analizar las incógnitas que se presentan con los CIV convencionales y de alta viscosidad para restauraciones, comparados con los CIV modificados con resina, respecto a la adaptación a las paredes cavitarias, la estructura y composición química, la acción del ácido fosfórico al 34.5% y la unión a las resinas compuestas de restauración a través de la técnica laminar o sandwich.

Podemos así, analizar en esta discusión los Objetivo Específicos planteados:

- A) Comparar las interfaces de adhesión a la pared pulpar cavitaria de los cementos de ionómero de vidrio convencionales y de alta viscosidad con los cementos de ionómeros de vidrio modificados con resina.
- B) Determinar la estructura y composición química de los CIV.

C) Evaluar el efecto perjudicial o beneficioso de la acción del ácido fosfórico sobre los cementos de ionómero de vidrio convencionales de alta viscosidad y los cementos de ionómeros de vidrio modificados con resina.

D) Analizar la unión entre los adhesivos autoacondicionantes y resinas compuestas de restauración aplicados sobre los cementos de ionómero de vidrio convencionales de alta viscosidad y modificados con resina, utilizados en la técnica laminar o sandwich.

A) Comparar las interfaces de adhesión a la pared pulpar cavitaria de los cementos de ionómero de vidrio convencionales y de alta viscosidad con los cementos de ionómeros de vidrio modificados con resina

El tejido dentinario y pulpar, derivados embriológicamente del ectomesénquima, conforman una sola unidad histológica estructural, ultraestructural y funcional inseparable, llamada complejo dentinopulpar. (Gómez de Ferraris M y Campos Muñoz 2002).

Cuando se supera la conexión amelodentinaria durante los tallados de las preparaciones cavitarias quedan expuestos miles de túbulos, que originan la salida de fluido hacia el exterior, exponiendo el medio interno, lo que podría desplazar los cuerpos odontoblásticos y despolarizarlos, generando dolor. En la actualidad no existe ningún material de obturación que de por sí, selle herméticamente la herida dentinaria expuesta, pudiendo producirse pasaje de iones, bacterias o sus toxinas hacia el interior generando microfiltraciones, hipersensibilidad, dolor, caries secundaria, hiperemia, pulpitis y necrosis. De allí la necesidad de sellar y proteger al complejo dentinopulpar.

El sellado y la protección del complejo dentinopulpar han sido y es una preocupación constante en la Odontología Restauradora, utilizando para ello distintos materiales según los conocimientos imperantes en cada época.

Durante largo tiempo se dio mayor énfasis a las propiedades físicas y químicas de los materiales para obturación y la investigación dental se concentró en el logro de su mejoramiento. No obstante, las consideraciones biológicas han alcanzado en la actualidad tanta importancia como las propiedades físico-químicas.

Sin embargo, el stress de contracción de fraguado o de polimerización de los biomateriales puede producir en la interface microfracturas adhesivas o cohesivas de los materiales utilizados con desadaptaciones y pérdida del

sellado dentino-pulpar. (Uribe Echevarría J et al 1990; Uribe Echevarría J et al 2003; Uribe Echevarría J et al 2006).

El análisis de las interfaces adhesivas o de adaptación de los diferentes biomateriales a las preparaciones cavitarias es una técnica sensible que depende fundamentalmente del tamaño, la amplitud, la profundidad, el contorno y el volumen de las cavidades donde se va a contener el material de restauración, como también de la contracción volumétrica del biomaterial en análisis.

Una ínfima variación en la extensión de las preparaciones cavitarias trae como consecuencia una gran variabilidad en la adaptación y cuantificación en micrómetros de los materiales, que sufrirán variaciones de acuerdo al volumen del material insertado.

El procedimiento de estandarización de las preparaciones cavitarias es de gran importancia, ya que no se pueden comparar microscópicamente interfaces en cavidades diferentes, porque las preparaciones son talladas en milímetros y las interfaces se miden en micrómetros o sea una medida del Sistema Internacional de Medidas, 1000 veces menor.

El diseño y la realización del Posicionador de Altura Oclusal y del Estandarizador de Preparaciones Cavitarias posibilitaría solucionar esta problemática de extrema importancia. (Uribe Echevarría LJ, Uribe Echevarría A, Uribe Echevarría J 2015).

La medición en micrómetros de las interfaces depende también de la técnica utilizada para el procesamiento, observación y medición de las muestras.

¿Qué es una interface? Es obviamente el plural en español de interfaz que deriva de la palabra en inglés face, como superficie de contacto entre dos o más caras.

Se denomina en cambio, Interfase o interphase al término biológico que señala una etapa del ciclo celular en el que tiene lugar la síntesis de proteínas y la replicación del material genético; también se utiliza para indicar las fases lunares, las fases metalográficas o a la zona de contacto entre dos fases en sentido fisicoquímico como sería el caso entre el aceite y el agua.

Actualmente el ideal, es lograr una interface cero o nula que impida el drenaje permanente de fluido dentinario con sellado de los túbulos dentinarios, sin la presencia de hiatos, interfaces abiertas y fracturas adhesivas, con lo que se eliminaría la manifestación de hipersensibilidad y de dolor post-operatorio.

La unión interfásica de un biomaterial a las estructuras del diente puede originar un hiatos o interface abierta por fracturas adhesivas o cohesivas. Una fractura adhesiva se genera en el lugar de la unión cuando se utilizan materiales o estructuras diferentes y una fractura cohesiva se genera dentro de la masa del mismo biomaterial.

Proponemos así, una metodología simple para el análisis interfacial de las fracturas adhesivas y cohesivas de los cementos de ionómero de vidrio con las estructuras del elemento dentario, sin la necesidad de preparaciones, ensayos o procedimientos complicados.

Cuando se supera la conexión amelodentinaria durante los tallados de las preparaciones cavitarias quedan expuestos miles de túbulos, que originan la salida de fluido hacia el exterior, exponiendo el medio interno, lo que podría desplazar los cuerpos odontoblásticos y despolarizarlos, generando dolor.

En la actualidad no existe ningún material de obturación que de por sí, selle herméticamente la herida dentinaria expuesta, pudiendo producirse intercambio de iones, bacterias o sus toxinas hacia el interior generando microfiltraciones, hipersensibilidad, dolor, caries secundaria, hiperemia, pulpitis y necrosis, de allí la necesidad de sellar y proteger al complejo dentinopulpar.

Sin embargo, el stress de contracción de fraguado o de polimerización de los biomateriales puede producir en la interface microfracturas adhesivas o cohesivas de los materiales utilizados con desadaptaciones y pérdida del sellado dentino-pulpar. (Uribe Echevarría J et al 1990; Gómez de Ferraris M y Campos Muñoz 2002; Uribe Echevarría J et al 2003; Uribe Echevarría J et al 2006).

El análisis y la cuantificación de las interfaces adhesivas o de adaptación de los diferentes biomateriales a las preparaciones cavitarias es una técnica sensible que depende fundamentalmente del tamaño, la amplitud, la profundidad, el contorno y el volumen de las cavidades donde se va a contener el material de restauración, como también de la contracción volumétrica del biomaterial en análisis.

Una ínfima variación en la extensión de las preparaciones cavitarias trae como consecuencia una gran variabilidad en la adaptación y cuantificación en micrómetros de los materiales, que sufrirán variaciones de acuerdo al volumen del material insertado.

El procedimiento de estandarización de las preparaciones cavitarias es de gran importancia, ya que no se pueden comparar y cuantificar microscópicamente interfaces en cavidades diferentes, porque aunque estén realizadas por un mismo operador calibrado, difícilmente serán iguales, puesto que las preparaciones son talladas en milímetros y las interfaces se miden en micrómetros o sea una medida del Sistema Internacional de Medidas, 1000 veces menor.

El diseño y la realización del Posicionador de Altura Oclusal y del Estandarizador de Preparaciones Cavitarias lograron solucionar esta problemática de extrema importancia.

La medición en micrómetros o nanómetros de las interfaces depende también de la técnica utilizada para el procesamiento, observación y cuantificación de las muestras.

Para realizar estos estudios se emplearon dos metodologías microscópicas de evaluación totalmente distintas: a) la Microscopía Confocal Laser de Barrido por Reflexión o OLS4000 3D LEX (Olympus, Japan) y b) la Microscopía Electrónica de Barrido por Emisión de Campo FEG SEM con EDS (Zeiss, Germany).

La Microscopía Confocal Laser de Barrido por Reflexión, posibilita observar y cuantificar las muestras sin vacío, metalización u otro tratamiento por lo que las interfaces se encuentra intactas, sin distorsiones y los resultados son válidos.

Si se utiliza Microscopía Electrónica de Barrido sin la realización previa de punto crítico, la metalización de las muestras y el alto vacío al que se exponen, posibilitan que las interfaces se fracturen y se despeguen por defecto de técnica, haciendo que los resultados obtenidos no tengan valor alguno.

Los resultados obtenidos posibilitaron arribar a las siguientes conclusiones: 1) Las interfaces abiertas de mayor desadaptación correspondieron a Vitremer e Ionofil Molar, respectivamente; 2) Las interfaces de menor desadaptación y selladas se obtuvieron con EQUIA Fil y GC Gold Label 9, respectivamente; 3) Las interfaces con desadaptaciones intermedias fueron registradas con Ketac Molar Easymix y Fuji Lining LC; 4) Ionofil Molar, Vitremer y Fuji Lining LC presentaron en su interface fracturas adhesivas, con falta de sellado de los túbulos dentinarios; 5) Ketac Molar Easymix reveló en su interface fracturas adhesivas y cohesivas, con falta de sellado de la superficie de la

dentina; 6) GC Gold Label 9 manifestó en su interfaces fracturas de tipo cohesivo dentro del biomaterial, donde el sellado de la superficie de la dentina no fue alterado; 7) EQUIA Fil presentó en sus interfaces mínimas o nulas fracturas de tipo cohesivo, donde el sellado de los túbulos dentinarios no fue afectado.

Attin T et al 1995, analizan la contracción de curado y los cambios volumétricos de seis cementos de ionómero de vidrio modificados con resina y un cemento de ionómero de vidrio de curado químico. La contracción de curado se determinó a los 5 minutos y a las 24 horas después de la polimerización. Los cambios volumétricos fueron examinados a los 14 días y 28 días de almacenamiento en agua. Determinando que la contracción de curado de los cementos de ionómero de vidrio modificados con resina fue mayor que la del cemento de ionómero de vidrio de curado químico. Concluyen que la gran contracción de curado de los materiales de ionómero de vidrio modificados con resina medidos en este estudio in vitro podría afectar a la integridad marginal de las restauraciones. *Resultados que coinciden con nuestros hallazgos respecto a la cuantificación de interfaces donde los dos CIVMR evaluados presentaron importantes desadaptaciones con fracturas de tipo adhesivo.*

Sampaio PC et al 2011, analizaron el efecto de la aplicación de un cemento de ionómero de vidrio convencional y modificado con resina, sobre la interface con la dentina de las paredes en cavidades de Clase 1. Utilizaron 60 molares humanos, con cavidades oclusales divididas en seis grupos: 1 y 4 sin liner; 2 y 5 con cemento de ionómero de vidrio Ketac Molar Easymix; 3 y 6 con cemento de ionómero de vidrio modificado con resina Vitrebond. Sumergieron las muestras en un reactivo fluorescente Rhodamina B para permitir el análisis con microscopía confocal laser de barrido. Los datos se analizaron mediante ANOVA de dos vías y la prueba de Tukey ($p < 0,05$). Determinaron que el análisis con microscopía confocal mostró un tamaño de separación media de las interfaces más alta en el grupo 4 de $12,5\mu\text{m}$ y un mayor porcentaje de brechas marginales. Los grupos 3 y 6 de un cemento de ionómero de vidrio modificado con resina mostraron el menor porcentaje de brechas marginales. *Estos resultados se contraponen con nuestros hallazgos, donde comprobamos que los cementos de ionómero de vidrio modificados con resinas Vitremer y Fuji Lining LC, tendrían una mayor interface de desadaptación dentina-ionómero con fracturas adhesivas, causada por la contracción volumétrica de la resina en*

relación a los cemento de ionómero de vidrio convencional o de alta viscosidad; la unión de Vitremer con dentina conformaría una interface resinosa impermeable por la aplicación y fotopolimerización de un Primer monomérico, antes de la aplicación del cemento ionomérico de triple polimerización, perdiéndose así, la propiedad más importante de un cemento de ionómero de vidrio como es la adhesión química-iónica y polar con dentina, este fenómeno da lugar además de la contracción de fotopolimerización a interfaces abiertas y no selladas; en el caso del Fuji Lining LC, la inclusión de monómeros resinosos fotopolimerizables en su composición aumenta la contracción y el estrés de curado dando lugar a interfaces abiertas, desadaptadas y a la falta de sellado de los túbulos dentinarios.

Khan TN et al 2015, evalúan la capacidad de sellado de dos tipos diferentes de cementos de ionómero de vidrio utilizados para las restauraciones con técnica sándwich y el efecto del grabado ácido en los cementos de ionómero de vidrio y en la microfiltración en la interface CIV-composite. Concluyendo que el grabado con ácido fosfórico de los CIV, antes de la colocación de la resina compuesta en las restauraciones con técnica sandwich fue eficaz en la prevención de la penetración del colorante utilizado en las interfaces de dentina-CIV-resina compuesta. *Determinaciones que concuerdan con nuestros resultados al comprobar que el acondicionamiento con ácido fosfórico produce microporos que permiten la unión micromecánica en CIV convencionales y de alta viscosidad con el adhesivo monomérico y la resina compuesta.*

B) Determinar la estructura y composición química de los cementos de ionómero de vidrio convencionales y de alta viscosidad con los cementos de ionómeros de vidrio modificados con resina

Estos estudios fueron realizados utilizando EDS o Espectroscopía Dispersiva de Rayos X en energía, que brinda información sobre la estructura elemental de la muestra a través de mapas o imágenes de su composición química. El Laboratorio LAMARX de la Universidad Nacional de Córdoba cuenta con un Microscopio Electrónico de Barrido de Emisión de Campo FEG SEM con EDS (Zeiss Sigma, Germany), que fue utilizado en estas investigaciones.

Las muestras biológicas, deben recibir un tratamiento de deshidratado y secado por punto crítico (CPD, Critical Point Drying), previo al metalizado y observación con FEG SEM o EDS. El CPD es un método de deshidratación lenta

con etanol de graduación ascendente y finalmente acetona, que permite conservar la forma y estructura celular de la muestra.

Los enfoques de esta Tesis incluyen el análisis de la morfología de superficie por medio de microscopía electrónica de barrido FEG SEM y microscopía confocal laser de barrido por reflexión CLSMR, pudiéndose comprobar que: 1) GC Fuji Lining LC, presenta una estructura de forma tubular con islotes irregulares donde posiblemente está contenida la resina monomérica fotopolimerizable. Muestra en su composición química un elevado porcentaje de carbono característico de los monómeros resinosos, que conforman una red espacial de resinas insolubles; 2) Vitremer, presenta una estructura cristalina con cristales grandes, medianos y pequeños y posee en su composición química resinas monoméricas fotopolimerizables que estarían indicadas por el alto porcentaje de Carbono dentro del material, que establece una red espacial de resinas insolubles; 3) EQUIA Fil, presenta una estructura cristalina integrada por cristales grandes, medianos, pequeños y esferas que contienen los gránulos de zirconio. Las esferas no se encuentran en la composición del polvo del cemento ionomérico, sino que se forman durante la mezcla. No contiene carbono lo que indica que es un cemento de ionómero de vidrio convencional de alta viscosidad con elevada liberación de fluoruro y es el único CIV que contiene zirconio, el que le otorga resistencia; 4) Ketac Molar Easymix, manifiesta una estructura cristalina integrada por cristales grandes, medianos, pequeños y grandes esferas o clusters. Presenta ausencia de Carbono por lo que no contiene resinas monoméricas, lo que indica que es un cemento de ionómero de vidrio con alta liberación de fluoruro; 5) Ionofil Molar, presenta una estructura cristalina integrada por cristales muy grandes y medianos. No contiene carbono componente principal de las resinas monoméricas lo que es indicativo de que es un cemento de ionómero de vidrio convencional, con elevada liberación de fluoruro; 6) GC Gold Label 9, exhibe una estructura cristalina integrada por cristales muy grandes, grandes, medianos y pequeños. No presenta carbono en su estructura lo que indica que es un cemento de ionómero de vidrio convencional, con alta liberación de fluoruro.

Sennou HE et al 1999, lograron identificar los elementos que componen al cemento de ionómero de vidrio en estudio y la caracterización de las interacciones que se producen entre el ionómero de vidrio y el sustrato de dentina en la que fue ubicado y con el que interactuó. Utilizaron secciones de

dentina humana sana en la que una película muy delgada de cemento de ionómero de vidrio convencional, compuesto de polvo y líquido, fue aplicado sobre el tejido dentinario. Las interfaces dentina y cemento de ionómero de vidrio fueron estudiadas a través de rayos X por Espectroscopia de fotoelectrones (XPS). Este estudio demostró que el cemento de ionómero de vidrio y la dentina intercambian elementos minerales y orgánicos. La migración de los elementos minerales de un sustrato a otro condujo a la formación de una capa intermedia entre la superficie de los materiales y la dentina. Esta capa que forma una interface ionómero-dentina, permite que el material se adhiera a la dentina. *Fenómenos semejantes fueron registrados por nosotros en esta investigación, empleando EDS, determinado que los CIV convencionales y de alta viscosidad, posibilitan la formación de una capa de intercambio iónico con dentina. Se pudo establecer que estas manifestaciones interfácicas no se verificaron en los CIV modificados con resinas.*

George L, Kandaswamy D 2015, evaluaron el efecto de la deshidratación sobre los cementos de ionómero de vidrio convencional y modificado con resina, utilizando microscopio confocal laser de barrido. Un dispositivo fue realizado para estandarizar el espesor del cemento de ionómero colocado en los dientes. Los dientes se almacenaron en agua destilada durante 24 horas y se seccionaron longitudinalmente para examinar la interfaz dentina-ionómero con microscopio confocal. Las muestras fueron deshidratadas y el ancho de la grieta se midió a intervalos definidos en todos los grupos. Determinaron que el cemento de ionómero de vidrio convencional es más susceptible a fallo cohesivo cuando se somete a deshidratación en comparación con el cemento de ionómero de vidrio modificado con resina. *Manifestaciones equivalentes fueron registradas en esta investigación, en todos los cementos de ionómeros de vidrio evaluados con microscopía electrónica de barrido de emisión de campo, producto de la deshidratación de los especímenes al ser sometidos a metalización y alto vacío, a pesar del punto crítico. Estos problemas de deshidratación interfácica no se verificaron cuando las muestras fueron procesadas con microscopio confocal laser de barrido por reflexión.*

C) Evaluar la acción del ácido fosfórico sobre los cementos de ionómero de vidrio convencionales, de alta viscosidad y los cementos de ionómeros de vidrio modificados con resina

El propósito de este trabajo fue evaluar la acción perjudicial por la formación grietas y microfracturas o beneficiosa por la producción de microporosidades, que genera el grabado con ácido fosfórico sobre la superficie expuesta de cementos de ionómeros de vidrio convencionales, de alta viscosidad y modificados con resinas, antes de ser cubiertos por un sistema resinoso compuesto de alta densidad en la técnica sandwich o laminar.

Para lo cual, un diente de cada grupo fue grabado con ácido fosfórico al 34.5%, no siendo obturado con sistema adhesivo y sistema resinoso compuesto de alta densidad nanohíbrido, para poder evaluar la acción del ácido fosfórico sobre la superficie de los distintos cementos de ionómero de vidrio utilizados.

Su topología tridimensional fue valorada mediante microscopía confocal laser de barrido por reflexión OLS4000 3D LEXT, midiéndose la amplitud y profundidad de los microporos producidos por la acción del ácido fosfórico y su accionar positivo o negativo sobre la superficie de los cementos de ionómeros de vidrio en estudio.

Se pudieron determinar las siguientes conclusiones:

- 1) El ácido fosfórico al 34.5% aplicado durante un lapso de 15 segundos produce microporos de distinta profundidad y amplitud en todos los cementos de ionómeros de vidrio investigados;
- 2) El ácido fosfórico y/o el agua de lavado no generaron en los lapsos utilizados, grietas, fisuras y/o fracturas en la estructura de los diferentes CIV usados en la experimentación;
- 3) Se pudo evidenciar la formación de microporosidad en los cementos de ionómero de vidrio modificados por resinas;
- 4) La mayor microporosidad fue evidenciada en los cementos de ionómero de vidrio convencionales y en los de alta viscosidad;
- 5) La microporosidad formada sería positiva y posibilitaría la unión micromecánica entre el sistema adhesivo monomérico con los distintos cementos de ionómeros de vidrio y la restauración con una resina compuesta de alta densidad por técnica laminar o sandwich.

Fuss J et al 1990, llevaron a cabo una investigación sobre los efectos de la duración del tiempo del ataque químico con ácidos de la superficie del cemento de ionómero de vidrio antes de la colocación de una resina, dado el interés originado en el uso de los cementos de ionómero de vidrio como sustituto de la dentina o base cavitaria aplicado bajo las resinas compuestas. Cada uno

de ellos se sometió a ataque químico por períodos de 15, 30, 45, o 60 segundos. Las muestras fueron almacenadas en agua durante una semana. El examen realizado bajo un microscopio de disección y un microscopio electrónico de barrido reveló variaciones en los resultados entre los diferentes cementos, siendo 15 segundos el tiempo preferido para la mayoría de los cementos, algunos requieren lapsos de hasta 60 segundos para lograr el mejor resultado en la microporosidad. Los autores aseguran que algunos CIV mostraron signos de agrietamiento después que habían sido almacenados en agua durante una semana para permitir la maduración antes de ser visualizados en el microscopio electrónico de barrido. *Nuestros resultados concuerdan que en un lapso de 15 segundos no se producen en la superficie de los CIV investigados grietas, fracturas u otro tipo de lesiones, siendo la microporosidad variable para cada material y beneficioso para la utilización en la técnica laminar o sandwich.*

Crowley CM et al 2007, estudiaron la influencia del grabado con ácido en la superficie de los cementos de ionómero de vidrio. Aseguran los autores que el ácido influye en las propiedades de los cementos de ionómero vítreo debido a una zona debilitada en iones en la superficie de las partículas del vidrio. Analizaron la superficie de cuatro CIV por microscopía electrónica de barrido (SEM), su tamaño de partícula (PSA), la porosidad de la superficie (ASAP) y los tiempos de fraguado de los cementos. Se encontró una relación directamente lineal entre la superficie tratada con ácido y el lapso de fraguado. Estos cambios estaban directamente correlacionados con el aumento en el volumen de los microporos. *Resultados que coinciden en parte con los hallazgos efectuados en esta evaluación.*

Hidalgo Lostaunau RC, Méndez Renderos ME 2009, consideran que el acondicionamiento ácido o grabado con ácido fosfórico sobre un cemento de ionómero de vidrio es perjudicial, ya que degrada variablemente la matriz del cemento ionomérico y disminuye su fuerza adhesiva; asegurando que la mayor fuerza adhesiva entre CIV y adhesivos monoméricos se produce cuando el ionómero no se graba con ácido fosfórico. (Sheeth JJ et al 1988; Zanata RL et al 1997; Bona AD et al 2007). *Consideraciones que se oponen a nuestras investigaciones actuales, donde comprobamos que el ácido fosfórico al 34.5% aplicado durante un lapso de 15 segundos produce microporos de distinta profundidad y amplitud en todos los cementos de ionómeros de vidrio investigados, no afectando la estabilidad, ni generando grietas, fisuras y/o*

fracturas en su estructura; donde la mayor microporosidad fue evidenciada en los cementos de ionómero de vidrio convencionales y en los de alta viscosidad; siendo esta microporosidad positiva, ya que posibilita la unión micromecánica entre el sistema adhesivo monomérico con los cementos de ionómeros de vidrio y la restauración con una resina compuesta de alta densidad por técnica laminar o sandwichs.

Camilleri J 2014, compara al silicato tricálcico (Biodentine), con un cemento de ionómero de vidrio convencional (Fuji IX) y con un cemento de ionómero de vidrio modificado con resina (Vitremmer), en una restauración por técnica sándwich, donde evalúa el efecto del grabado con ácido fosfórico al 35.0%, en la topografía de la superficie ionomérica, realizando espectroscopía, microdureza superficial y microfiltración, usando un microscopio confocal laser de barrido. Encontró que el grabado con ácido fosfórico produjo una erosión de la superficie de los materiales ionoméricos con exposición de las partículas de vidrio. No encontrando diferencias en la microdureza de los materiales grabados y no-grabados. Tanto Vitrebond y Fuji IX no mostraron fugas de minerales en la interfaz dentina-material mientras que Biodentine exhibió escapes de material cuando fue grabado y también cuando la superficie se dejó sin preparación. La técnica sandwich fue eficaz y evitó la microfiltración en los materiales a base de ionómero de vidrio. *Resultados que concuerdan con nuestras investigaciones respecto a la acción del ácido fosfórico sobre la superficie de los cementos de ionómeros de vidrio investigados.*

D) Analizar la unión entre los adhesivos autoacondicionantes y las resinas compuestas de restauración aplicados sobre los cementos de ionómero de vidrio convencionales, de alta viscosidad y modificados con resina, utilizados en la técnica laminar o sandwich.

La técnica laminar o sandwich utiliza dos materiales restauradores directos para obtener el máximo beneficio biológico, físico y estético de las propiedades de cada material. Estas propiedades sumadas a la adhesión, se utilizan para lograr un modelo monolítico en la reconstrucción de un diente.

Un cemento de ionómero de vidrio convencional de alta viscosidad, biocompatible y con elevada liberación de fluoruro es empleado para sellar dentina y cuando ha solidificado, se cubre en la superficie con una resina compuesta de alta densidad nanoparticulada.

Cuando una resina compuesta se coloca sobre un ionómero de vidrio convencional o de alta viscosidad, el ionómero y el esmalte se deben acondicionar con ácido fosfórico en alta concentración antes de la aplicación del adhesivo monomérico y del sistema resinoso compuesto de alta densidad.

Su topología tridimensional fue valorada determinando la interface de unión o adhesión de los cementos de ionómeros de vidrio con el adhesivo autoacondicionante y la resina compuesta de alta densidad para restauración.

Se pudieron determinar las siguientes conclusiones:

- 1) La interface de unión micromecánica entre la superficie acondicionada con ácido fosfórico de los cementos de ionómero de vidrio convencionales y de alta viscosidad con el sistema adhesivo y la resina compuesta de alta densidad, no registró microfisuras, hiatos o fracturas. Se pudo observar que la unión entre los CIV convencionales y de alta viscosidad con el adhesivo monomérico es netamente micromecánica mediante la microporosidad generada por el grabado con ácido fosfórico sobre la superficie de estos biomateriales;
- 2) La interface de adhesión química entre la superficie acondicionada con ácido fosfórico de los cementos de ionómero de vidrio modificados con resinas, con el sistema adhesivo y la resina compuesta de alta densidad, no registró microfisuras o hiatos. La capa de inhibición por oxígeno, que se forma durante la polimerización sobre la superficie de los biomateriales que contienen monómeros resinosos, posibilita y favorece la adhesión química entre las capas de CIVMR, adhesivo y composite en la técnica laminar;
- 3) Las interfaces de adhesión química o de unión micromecánica entre la superficie acondicionada con ácido fosfórico de los cementos de ionómero de vidrio con el sistema adhesivo y la resina compuesta de alta densidad, posibilitaría la utilización de la técnica laminar en los casos clínicos que así lo requieran.

Mount GJ 1989, estudia los requisitos clínicos para el éxito de la técnica sandwich en la unión entre dentina, cemento de ionómero de vidrio y resina compuesta. Asegura que las resinas compuestas son utilizadas ampliamente en odontología restauradora, aunque todavía hay problemas pendientes, como la prevención de la microfiltración, en particular en relación con los márgenes entre la dentina y la resina compuesta. Mientras que la adhesión química entre cemento de ionómero de vidrio y la dentina se acepta como una unión prolongada y recientemente se ha demostrado una unión micromecánica entre la

resina compuesta y el cemento de ionómero de vidrio. Esto ha llevado al desarrollo de la denominada "técnica sandwich", donde se utiliza cemento de ionómero de vidrio como recubrimiento cavitario cubierto por una restauración de resina compuesta, sobre todo cuando el margen cavo-superficial está en dentina. Este documento analiza los diversos niveles de adhesión de la técnica sandwich y sugiere los mejores métodos para obtener resultados óptimos en la aplicación clínica de esta tecnología. Concluyen que el operador debe prestar especial atención a la amplia variación en la fuerza de unión, en función de los materiales utilizados y los métodos de manipulación. *Protocolo primario con el que concordamos totalmente.*

Suzuki M, Jordan RE 1990, valoraron las bondades de la combinación a través de la técnica sandwich de un cemento de ionómero de vidrio y una resina compuesta. Concluyen que los cementos de ionómero de vidrio presentan buena aceptabilidad biológica, liberación de fluoruro, capacidad de unión a dentina e integridad marginal; sin embargo, siempre han sido considerados como materiales secundarios para aplicar en restauraciones anteriores y posteriores, por su fragilidad, falta de acabado, falta de transparencia y técnica sensible, cuando se las compara con las resinas compuestas, que son más fáciles de utilizar, logran un buen pulido y son estéticamente aceptables. Aseguran que la restauración combinada de ionómero de vidrio y resina compuesta proporciona un enlace seguro por la adhesión química a la dentina de los CIV y posteriormente la unión micromecánica de la resina compuesta al ionómero en superficie, logrando un resultado estético aceptable. *Esta misma conclusión fue alcanzada en este trabajo, al verificar la unión química de los cementos de ionómero de vidrio a dentina y la unión química y/o micromecánica superficial de los sistemas resinosos compuestos a los distintos CIV utilizados en esta investigación.*

Pinheiro SL et al 2003, evaluaron una nueva técnica de activación simultánea, laminar o sandwich (SAT), para la unión de los cementos de ionómero de vidrio y resinas compuestas. El estudio se realizó sobre preparaciones cavitarias de Clase 1 que fueron restauradas por técnica laminar o sandwich, combinando cementos de ionómero de vidrio y resinas compuestas. La evaluación la efectuaron por pruebas de tracción y microfiltración por medio de microscopía electrónica de barrido. Concluyendo y asegurando que SAT es una alternativa menos complicada, más rápida y más factible de realizar para la

unión de los cementos de ionómero de vidrio con las resinas compuestas. *Valoraciones que coinciden y con las que estamos totalmente de acuerdo.*

Khan TN et al 2015, determinaron la capacidad de sellado de dos tipos diferentes de cementos de ionómero de vidrio utilizados para las restauraciones sandwich y evaluaron el efecto de grabado con ácido fosfórico de los CIVMR en la microfiltración de la interface con la resina compuesta. Asegurando que el grabado con ácido fosfórico de los CIVMR, antes de la colocación de la resina compuesta, no mejora la capacidad de sellado de las restauraciones sandwich.

Consideramos, de acuerdo con nuestros resultados, que los microporos producidos por el ácido fosfórico sobre los CIV convencionales y de alta viscosidad mejoran la unión micromecánica con el adhesivo y la resina compuesta de restauración; en cambio los CIVMR no necesitarían una activación o grabado de superficie por el ácido fosfórico ya que estos materiales exudan una capa inhibida o despolimerizada en contacto con el oxígeno del aire que posibilita la adhesión química entre ionómero, adhesivo y composite.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ✦ Attin T, Buchalla W, Kielbassa AM, Helwig E (1995) Curing shrinkage and volumetric changes of resin-modified glass ionomer restorative materials. *Dent Mater.* 11(6):359-62.
- ✦ Berg JH, Croll TP (2015) Glass ionomer restorative cement systems: an update. *Pediatr Dent.* 37(2):116-24.
- ✦ Berzins DW, Abey S, Costache MC, C.A. Wilkie CA, Roberts HW (2010) Resin-modified Glass-ionomer Setting Reaction Competition *J Dent Res.* 89(1):82-86.
- ✦ Black GV (1908) *A Work on Operative Dentistry.* Médico-Dental Publishing. Chicago. Illinois. Vol 2.
- ✦ Bona AD, Pinzetta C, Rosa V (2007) Effect of acid etching of glass ionomer cement surface on the microleakage of sandwich restorations. *J Appl Oral Sci* 15(3):230-234.
- ✦ Burke FM, Lynch E (1994) Glass polyalkenoate bond strength to dentine after chemomechanical caries removal. *J Dent Res* 22(5):283-291.
- ✦ Camilleri J (2014) Color stability of white mineral trioxide aggregate in contact with hypochlorite solution. *J Endod.* 40(3):436-40. .
- ✦ Chalmers JM (2006) Minimal intervention dentistry: part 1. Strategies for addressing restorative challenges in older patients. *J Can Dent Assoc* 72(5):427-33
- ✦ Chalmers JM (2006) Minimal intervention dentistry: part 2. Strategies for addressing restorative challenges in older patients. *J Can Dent Assoc* 72(5):435-40.
- ✦ Chou BY1, Chang E (2002) Plasma-sprayed zirconia bond coat as an intermediate layer for hydroxyapatite coating on titanium alloy substrate. *J Mater Sci Mater Med.* 13(6):589-95.
- ✦ Croll TP (2004). The "sandwich" technique. *J Esthet Restor Dent.* 16(4):210-2.
- ✦ Crowley CM1, Doyle J, Towler MR, Rushe N, Hampshire S (2007) Influence of acid washing on the surface morphology of ionomer glasses and handling properties of glass ionomer cements. *J Mater Sci Mater Med.* 18(8):1497-506.
- ✦ Cüneyt Tas A, Korkusuz F, Timucin M, Akkas N (1997). An investigation of the chemical synthesis and high-temperature sintering behavior of calcium hydroxyapatite (HA) and tricalcium phosphate (TCP) bioceramics. *J Mater Sci Mater Med.* 8(2):91-96.
- ✦ Diem VT, Tyas MJ, Ngo HC, Phuong LH, Khanh ND (2014) The effect of a nano-filled resin coating on the 3-year clinical performance of a conventional high-viscosity glass-ionomer cement. *Clin Oral Investig.* 18(3):753-9.
- ✦ Edelberg M (2010) Adhesión con ionómeros vítreos. En *Adhesión en Odontología Restauradora.* 2da. ed. Ripano SA. Madrid. 6, 173-200.

- ✦ Francisconi LF, Scaffa PM, de Barros VR, Coutinho M, Francisconi PA (2009) Glass ionomer cements and their role in the restoration of non-cariou cervical lesions *J Appl Oral Sci.* 17 (5):364-369.
- ✦ Frencken J, Holmgren C (1999) How effective is ART in the management of dental caries? *Community Dent Oral Epidemiol.* 27:423-430.
- ✦ Frencken J, Makoni F, Sithole W. (1998) ART restorations and glass ionomer sealants in Zimbabwe: survival after 3 years. *Community Dent Oral Epidemiol.* 8;26:372-381.
- ✦ Friedl K, Hiller KA, Friedl KH (2011) Clinical performance of a new glass ionomer based restoration system: A retrospective cohort study. *Dent Mats* 27:1031-1037.
- ✦ Fuss J, Mount GJ, Makinson OF (1990) The effect of etching on a number of glass ionomer cements. *Aust Dent J.* 35(4):338-44.
- ✦ George L, Kandaswamy D (2015) A Confocal Microscopic Evaluation of the Dehydration Effect on Conventional, Resin Reinforced Powder/Liquid and Paste to Paste Glass Ionomer Luting Cements. *J Int Oral Health.* 7(8):28-32.
- ✦ Gómez de Ferraris M y Campos Muñoz A (2002) *Histología y Embriología Bucodental.* 2ª Edición. Editorial Médica Panamericana. Madrid. España.
- ✦ Gu YW, Yap AU, Cheang P, Khor KA (2005) Effects of incorporation of HA/ZrO₂ into glass ionomer cements (GIC) *Biomaterials* 26, 713-720.
- ✦ Gu YW, Yap AU, Cheang P, Kumar R (2004) Spheroidization of glass powders for glass ionomer cements *Biomaterials* 25, 4029-4035.
- ✦ Gurgan S, Kutuk ZB, Ergin E, Oztas SS, Cakir FY (2015) Four-year randomized clinical trial to evaluate the clinical performance of a glass ionomer restorative system. *Oper Dent.* 40(2):134-43.
- ✦ Hidalgo Lostaunau RC y Méndez Renderos ME (2009) Ionómeros de vidrio convencionales como base en la técnica restauradora de sándwich cerrado: su optimización mediante la técnica de acondicionamiento ácido simultáneo y selectivo. *Acta Odontológica Venezolana.* 47 (4):18.
- ✦ Kawano F1, Kon M, Kobayashi M, Miyai K (2001) Reinforcement effect of short glass fibers with CaO - P₂O₅ - SiO₂ - Al₂O₃ glass on strength of glass-ionomer cement. *J Dent.* 29(5):377-80.
- ✦ Katsuyama S, Ishikawa T, Fuji B (1993) *Glass Ionomer Dental Cement.* Ishiyaku EuroAmerica Inc. Tokyo.
- ✦ Kent BE, Wilson AD (1969) Dental silicate cements. Acid-base aspect. *J Dent Res* 48(3): 412-418.
- ✦ Khan TN, Ali Abidi SY, Nawaz Khan KB, Ahmed S, Rehman Qazi FU, Saeed N (2015) Micromechanical Intervention in Sandwich Restoration. *J Coll Physicians Surg Pak.* 25(11):781-784.
- ✦ Knibbs P (1992) The clinical performance of a glass polyalkenoate (glass ionomer) cement used in a "sandwich" technique with a composite resin to restore class II cavities. *Br Dent J* 172:102-107.

- ✦ Lafargues JJ, Kaleka R, Louiss JJ (2000) A new system of minimally invasive preparations: The Si/Sta concept In Roulet JF & Degrange M. Adhesion: The Silent Revolution in Dentistry; Quintessence 107-151.
- ✦ Lan WH, Lan WC, Wang TM, Lee YL, Tseng WY, Lin CP, Jeng JH, Chang MC (2003) Citotoxicity of conventional and modified glass ionomer cements *Operative Dentistry* 28 (3), 251-259.
- ✦ Lidums A, Wilkie R, Smales R (1993) Occlusal glass ionomer cermet, resin sandwich and amalgam restorations: a 2-year clinical study *Am J Dent.* 6(4):185-188.
- ✦ Lindberg A, van Dijken JW, Lindberg M (2003) 3-year evaluation of a new open sandwich technique in Class II cavities *Am J Dent.* 16 (1):33-36.
- ✦ Lindberg A, van Dijken JW, Lindberg M (2007) Nine-year evaluation of a polyacid-modified resin composite/resin composite open sandwich technique in Class II cavities *J Dent.* 35 (2):124-129.
- ✦ Lozano Sorrivias de V, Morales A, Yañez MA (2014). Principios y práctica de la Microscopía Electrónica. *E-book* 1ra. Edición. Bahía Blanca.
- ✦ Mas C, Cagliero L, y Zana Bock JD (2013). Microscopio confocal de reflexión: Un equipo dedicado y único en el país que brinda nuevas herramientas a líneas de investigación en materiales. Un caso en documentología forense. Bitácora digital Facultad de Ciencias Químicas (UNC).
- ✦ Margeas RC (2011) Simplified delivery of a resin-modified glass ionomer restorative. *Dent Today*, 30(3):110, 112-3.
- ✦ McLean JW, Gasser O (1985) Glass-Cermet-cement I *Quintessenz* 1985 36(11):2059-68
- ✦ McLean JW, Gasser O. Glass-Cermet-cement II (1985) *Quintessenz* 36(12):2275-84.
- ✦ McLean JW, Powis DR, Prosser HJ (1985) The use of glass ionomer cements in bonding composite resin to dentine. *Br Dent J*; 158:410-414
- ✦ McLean JW (1992) Clinical applications of glass-ionomer cements *Oper Dent. Suppl* 5: 184-190.
- ✦ McLean JW, Nicholson JW, Wilson AD (1994) Proposed nomenclature for glass-ionomer dental cements and related materials. *Quintessence Int.* 25(9): 587-589.
- ✦ Molina GF, Cabral RJ, Mazzola I, Lascano LB, Frencken JE (2013) Mechanical performance of encapsulated restorative glass-ionomer cements for use with Atraumatic Restorative Treatment (ART) *J Appl Oral Sci* 21(3):243-9.
- ✦ Mount GJ (1989) The tensile strength of the union between various glass ionomer cements and various composite resins. *Aust Dent J* 34:136-146.
- ✦ Mount GJ (1989) Clinical requirements for a successful 'sandwich' dentine to glass ionomer cement to composite resin. *Aust Dent J.* 34(3):259-65.
- ✦ Mount GJ, Bryant RW (1999) Materiales de Ionómeros de Vidrio. En: Mount GJ y Hume WR Conservación y restauración de la estructura dental. *Harcourt Brace*. Madrid.1ª. 8, 69-90.

- ✦ Mount GJ, Papageorgiou A, Makinson OF (1992) Microleakage in the sandwich technique *Am J Dent.* 5 (4):195-198.
- ✦ Mount GJ, Hume WR (1997) A revised classification of carious lesions by site and size. *Quintessence Int* 28 (5):301-303.
- ✦ Mount GJ, Ngo H (2000) Minimal intervention: advanced lesions. *Quintessence Int* 31(9):621-9.
- ✦ Mount GJ, Hume WR (2005) Preservation and Restoration of Tooth Structure. 2nd edition. *Knowledge Books and Software.* Brisbane. Australia.
- ✦ Newbury D, Joy D, Echlin P, Fiori C, Golstein J (2003) Scanning electron microscopy and x ray microanalysis. Springer US 3ra. Edición.
- ✦ Nomoto R, Komoriyama M, McCabe JF, Hirano S (2004) Effect of mixing method on the porosity of encapsulated glass ionomer cement. *Dent Mater.* 20(10):972-8.
- ✦ Pinheiro SL, Oda M, Matson E, Duarte DA, Guedes-Pinto AC (2003) Simultaneous activation technique: an alternative for bonding composite resin to glass ionomer. *Pediatr Dent.* 25(3):270-4.
- ✦ Rodriguez IA, Ferrara CA, Campos-Sanchez F, Alaminos M, Echevarría JU, Campos A (2013) An in vitro biocompatibility study of conventional and resin-modified glass ionomer cements. *J Adhes Dent.* 15(6):541-6.
- ✦ Sampaio PC, de Almeida Júnior AA, Francisconi LF, Casas-Apayco LC, Pereira JC, Wang L, Atta MT (2011) Effect of conventional and resin-modified glass-ionomer liner on dentin adhesive interface of Class I cavity walls after thermocycling. *Oper Dent* 36(4):403-12.
- ✦ Sennou HE, Lebugle AA, Gregoire GL (1999) X-ray photoelectron spectroscopy study of the dentin-glass ionomer cement interface. *Dent Mater* 15(4):229-37.
- ✦ Sheth JJ, Jensen ME, Sheth PJ, Versteeg J. (1989) Effect of etching glass-ionomer cements on bond strength to composite resin. *J Dent Res.* 68(6):1082-7.
- ✦ Sidhu SK, Watson TF (1995) Resin-modified glass ionomer materials. A status report for the American Journal of Dentistry. *Am J Dent.* 8(1):59-67.
- ✦ Sidhu SK, Schmalz G (2001) The biocompatibility of glass-ionomer cement materials. A status report for the American Journal of Dentistry. *Am J Dent.* 14(6):387-96.
- ✦ Silva VV, Lameiras FS, Lobato ZI (2002) Biological reactivity of zirconia-hydroxyapatite composites. *J Biomed Mater Res* 63(5):583-90.
- ✦ Suzuki M, Jordan RE (1990) Glass ionomer-composite sandwich technique. *J Am Dent Assoc.* 120(1):55-7.
- ✦ Tay FR, Sano H, Tagami J, Hashimoto M, Moulding KM, Yiu C, Pashley DH (2001) Ultrastructural study of a glass ionomer-based, all-in-one adhesive. *J Dent.* 29(7):489-98.
- ✦ Uribe Echevarría J y colaboradores (1990) Operatoria Dental, Ciencia y Práctica. Ediciones Avances Médico-Dentales. Madrid. España.

- ✦ Uribe Echevarría J, Priotto E y Spadillero de Lutri M (2003) Adhesión a esmalte y dentina con adhesivos poliméricos. En *Adhesión en Odontología Restauradora*. Editora MAIO. Curitiba, Paraná. Brasil. 4:71-111.
- ✦ Uribe Echevarría J, Steembecker O, Priotto E y Núñez NG (2006) Tejidos dentarios y adhesión. En *Principios y Bases de los Biomateriales en Operatoria Dental Estética Adhesiva*. Editorial Universidad de Valparaíso. 9:329-365.
- ✦ Uribe Echevarría LJ, Rodríguez IA, Uribe Echevarría A, Rozas CA, Uribe Echevarría J (2013a) El sellado del complejo dentinopulpar, una dimensión postergada. (primera parte). *Dental Tribune Hispanic & Latin America* 10-9:3-14.
www.dental-tribune.com
- ✦ Uribe Echevarría LJ, Rodríguez IA, Uribe Echevarría A, Rozas CA, Uribe Echevarría J (2013b) Metodología del sellado dentinopulpar (segunda parte) *Dental Tribune Hispanic & Latin America* 10-9:16-22.
www.dental-tribune.com
- ✦ Uribe Echevarría LJ, Rodríguez IA, Uribe Echevarría A, Rozas CA, Uribe Echevarría J (2013c) Preparaciones cavitarias en lesiones restauradas con cemento de ionómero de vidrio de alta viscosidad reforzado (tercera parte) *Dental Tribune Hispanic & Latin America* 10- 9:24-27.
www.dental-tribune.com
- ✦ Uribe Echevarría LJ, Echevarría AG, Uribe Echevarría J (2015) Cuantificación de interfaces con estandarizador y posicionador de altura oclusal para preparaciones cavitarias análogas. Sociedad Argentina de Investigación Odontológica. División International Association for Dental Research. XLVIII Reunión Anual. Materiales Dentales y Biomateriales. Adhesión. SAIO 2015. Poster # 216. Tanti. Córdoba. Provincia de Córdoba. 12 al 14 de Noviembre de 2015.
- ✦ Vaid DS, Shah NC, Bilgi PS (2015) One year comparative clinical evaluation of EQUIA with resin-modified glass ionomer and a nanohybrid composite in noncarious cervical lesions *J Conserv Dent* 18(6):449-52.
- ✦ Van Dijken JW, Kieri C, Carlen M (1999) Longevity of extensive class II open-sandwich restorations with a resin-modified glass-ionomer cement *J Dent Res*. 78(7):1319-1325.
- ✦ Wilson AD, Kent BE (1972) A new translucent dental filling material. The glass ionomer cement. *British Dental Journal*. 132,133-135.
- ✦ Wilson AD, Crisp S, Ferner AJ (1976) Reaction in glass-ionomer cements. IV. Effect of chelating comonomers. *Journal of Dental Research* 55, 489-495.
- ✦ Wilson AD, Crisp S, Abel G (1977a) Characterization of glass ionomer cements. 4. Effects of molecular weight on physical properties. *Journal of Dentistry* 5, 117-120.
- ✦ Wilson AD, Crisp S, Lewis BG, McLean JW (1977b) Experimental luting agents base on the glass ionomer cements. *British Dental Journal*. 142, 117-122.
- ✦ Wilson AD, McLean JW (1998) Glass-Ionomer Cement. *Quintessence Publishing Co*. Illinois.
- ✦ Zanata RL, Navarro MFL, Ishikiriyama A (1997) Bond strength between resin composite and etched and non-etched glass ionomer. *Braz Dent J* 8 (2):73-78.

PUBLICACIONES REALIZADAS COMO ADELANTO DE TESIS DOCTORAL

1. Uribe Echevarría LJ, Rodríguez IA, Uribe Echevarría A, Rozas A, Uribe Echevarría J (2013) El sellado el complejo dentinopulpar (primera parte). *Dental Tribune Hispanic & Latin America* 10-9:3-14; www.dental-tribune.com
2. Uribe Echevarría LJ, Rodríguez IA, Uribe Echevarría A, Rozas A, Uribe Echevarría J (2013) El sellado el complejo dentinopulpar (segunda parte). *Dental Tribune Hispanic & Latin America* 10-9:16-22. www.dental-tribune.com
3. Uribe Echevarría LJ, Rodríguez IA, Uribe Echevarría A, Rozas A, Uribe Echevarría J (2013) Preparaciones cavitarias en lesiones restauradas con cemento de ionómero de vidrio de alta viscosidad reforzado (tercera parte). *Dental Tribune Hispanic & Latin America* 10-9:24-27. www.dental-tribune.com
4. Uribe Echevarría LJ, Rodríguez IA, Uribe Echevarría A, Rozas A, Uribe Echevarría J (2013) Preparaciones cavitarias de Clase 1 en lesiones 1.2 y 1.3, restauradas con cemento de ionómero de vidrio de alta viscosidad reforzado. *REVISTA ODONTOLOGÍA VITAL* 11, 2:6-18; 2013. *Universidad Latina de Costa Rica, Campus San Pedro. 2013. Costa Rica.*
5. Uribe Echevarría A, Uribe Echevarría LJ, Saravia ME, Vilchez J, Rodríguez IA, Rozas CA y Uribe Echevarría J (2015) Remineralización de caries iniciales con nanocomplejos de caseína y fosfato de calcio amorfo. *Dental Tribune Hispanic & Latin America* 11-12:8-16. www.dental-tribune.com
6. Uribe Echevarría A, Uribe Echevarría LJ, Saravia ME, Vilchez J, Rodríguez IA, Rozas CA y Uribe Echevarría J (2015) Protocolo clínico de aplicación del cpp-acp según el riesgo de caries. *Dental Tribune Hispanic & Latin America* 11-12:18-23. www.dental-tribune.com
7. Uribe Echevarría LJ, Uribe Echevarría A, Saravia ME, Vilchez J, Rodríguez IA, Rozas CA y Uribe Echevarría J (2015) Estrategias clínicas en la técnica laminar utilizando diferentes biomateriales. *Dental Tribune Hispanic & Latin America* 12-12:10-1. www.dental-tribune.com

RESÚMENES PRESENTADOS EN CONGRESOS CIENTÍFICOS

1. Rozas CA, Uribe Echevarría LJ, Vilches J, Uribe Echevarría AG, Rodríguez IA, Uribe Echevarría J (2014) Adaptación a dentina de un cemento de ionómero de vidrio de alta viscosidad con distintos tratamientos y visualizaciones. Sociedad Argentina de Investigación Odontológica. División International Association for Dental Research. XLVII Reunión Anual. SAIO 2014. Posters Materiales Dentales - Odontología Rehabilitadora. Poster # B29. Rosario. Provincia de Santa Fé. 13 al 15 de Noviembre de 2014.
2. Uribe Echevarría LJ, Rozas CA, Vilchez J, Rodríguez IA, Echevarría AG, Uribe Echevarría J, Saravia ME (2015) Interfaces dentinarias de un cemento de ionómero de vidrio de alta viscosidad con distintos tratamientos. Sociedad Argentina de Investigación Odontológica. División International Association for Dental Research. XLVIII Reunión Anual. SAIO 2015. Materiales Dentales y Biomateriales. Adhesión. Poster # 215. Tanti. Córdoba. Provincia de Córdoba. 12 al 14 de Noviembre de 2015.
3. Uribe Echevarría LJ, Echevarría AG, Uribe Echevarría J (2015) Cuantificación de interfaces con estandarizador y posicionador de altura oclusal para preparaciones cavitarias análogas. Sociedad Argentina de Investigación Odontológica. División International Association for Dental Research. XLVIII Reunión Anual. Materiales Dentales y Biomateriales. Adhesión. SAIO 2015. Poster # 216. Tanti. Córdoba. Provincia de Córdoba. 12 al 14 de Noviembre de 2015.
4. Uribe Echevarría AG, Uribe Echevarría LJ, Vilchez J, Uribe Echevarría J (2015) Microporosidad de diferentes cementos de ionómeros de vidrio por acción del ácido fosfórico. Sociedad Argentina de Investigación Odontológica. División International Association for Dental Research. XLVIII Reunión Anual. SAIO 2015. Materiales Dentales y Biomateriales. Adhesión. Poster # 217. Tanti. Córdoba. Provincia de Córdoba. 12 al 14 de Noviembre de 2015.
5. Uribe Echevarría LJ, Rozas CA, Vilches J, Rodríguez IA, Echevarría AG, Uribe Echevarría J, Saravia ME (2015) Interfaces dentinarias de un cemento de ionómero de vidrio de alta viscosidad con distintos tratamientos. Sociedad Argentina de Investigación Odontológica. División International Association for Dental Research. XLVIII Reunión Anual. SAIO 2015. Presentación Oral. Cariología y Epidemiología. Microbiología. Estudios Microbiológicos y Biofilm. Tanti. Córdoba. Provincia de Córdoba. 12 al 14 de Noviembre de 2015.