

# COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA DESCIMENTACIÓN Y EL TIPO DE FALLA DE TRES CEMENTANTES DE BANDAS EN ORTODONCIA<sup>1</sup>

## COMPARISON OF DEBONDING RESISTANCE AND FAILURE TYPE OF THREE ORTHODONTIC BAND CEMENTS<sup>1</sup>

LILLIANA ANDREA PIEDRA SARMIENTO<sup>2</sup>, MARÍA CLAUDIA ARIZA SALAS<sup>3</sup>,

HUMBERTO JOSÉ GUZMÁN BÁEZ<sup>4</sup>, FERNANDO ZÁRATE CADENA<sup>5</sup>

**RESUMEN. Introducción:** el objetivo de este estudio consistió en comparar la resistencia a la descimentación y el tipo de falla observada en tres materiales utilizados para la cementación de bandas, mediante el dispositivo universal de pruebas y el estereomicroscopio. **Métodos:** se seleccionaron 72 terceros molares inferiores, recolectados de pacientes que requerían exodoncias, a los cuales se les cementaron bandas metálicas con tubo presoldado y grabado interno (Bracket USA, OrthoUSA, USA). Los especímenes fueron distribuidos de forma aleatoria simple en tres grupos, formando un grupo control (fosfato de zinc) y dos grupos experimentales (ionómero de vidrio modificado con resina y resina compuesta modificada con políácido). Todos los especímenes fueron sometidos a un proceso de 2000 ciclos térmicos, para posteriormente realizar la prueba de resistencia a la descimentación en el dispositivo universal de pruebas (Instron 3367 clase 0,5, con celda de carga 0-30 Kn, EE.UU.) a una velocidad de 2 mm/min. Los datos fueron calculados en megapascales, teniendo en cuenta el área de la superficie de la banda (mm<sup>2</sup>). Finalmente, para determinar el tipo de falla se realizó una inspección visual utilizando un estereomicroscopio (Stemi 2000C, Carl Zeiss, Göttingen, Germany AXIOCAM Carl Zeiss Microimaging, Göttingen, Germany). **Resultados:** en cuanto a la resistencia a la descimentación, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tres grupos estudiados (valor  $p = 0,119$ ). El tipo de falla más predominante en los tres materiales cementantes se presentó en la interfase cemento-esmalte, con 61,1%, con una diferencia estadísticamente significativa. **Conclusión:** el fosfato de zinc, el ionómero de vidrio modificado con resina y las resinas compuestas modificadas con políácido presentaron una resistencia similar a la descimentación, y el tipo de falla que predominó en los tres materiales cementantes de bandas se presentó en la interfase cemento-esmalte; sin embargo, para el ionómero de vidrio modificado con resina esto ocurrió en un menor porcentaje.

**Palabras clave:** cemento dental, bandas de ortodoncia, resistencia, descimentación.

Piedra-Sarmiento LA, Ariza-Salas MC, Guzmán-Báez HJ, Zárate-Cadena F. Comparación de la resistencia a la descimentación y el tipo de falla de tres cementantes de bandas en ortodoncia. Rev Fac Odontol Univ Antioq 2016; 28(1): 95-111. DOI: <http://dx.doi.org/10.17533/udea.rfo.v28n1a5>

**ABSTRACT. Introduction:** the objective of this study was to compare the debonding resistance and failure type observed in three materials used for band cementation by means of the universal testing machine and a stereomicroscope. **Methods:** 72 third lower molars were collected from patients who needed extractions; metal bands were cemented on them with a pre-soldered tube and internal etching (Bracket USED, OrthoUSA, USA). The samples were randomly sorted out in three groups, forming a control group (zinc phosphate) and two pilot groups (resin-modified glass ionomer and polyacid-modified composite resin). All samples were subjected to a process of 2000 thermal cycles, and later to a debonding resistance test in the universal testing machine (Instron 3367 class 0.5, with 0-30 Kn load cell, USA) at a speed of 2 mm/min. The data were calculated in megapascals, taking into account the surface area of bands (mm<sup>2</sup>). Finally, to determine failure type, a visual inspection was conducted using a stereomicroscope (Stemi 2000C, Carl Zeiss, Göttingen, Germany AXIOCAM Carl Zeiss Microimaging, Göttingen, Germany). **Results:** no statistically significant differences were found among the three study groups in terms of debonding resistance ( $p$  value = 0.119). The most predominant failure type in the three cements occurred at the cemento-enamel interphase, with 61.1%, showing a statistically significant difference. **Conclusion:** zinc phosphate, resin-modified glass ionomer and polyacid-modified composite resin showed similar debonding resistance values and the most predominant failure type in the three band cementing materials occurred at the cemento-enamel interface; however, the resin-modified glass ionomer showed a lower percentage.

**Key words:** dental cement, orthodontic bands, debonding.

Piedra-Sarmiento LA, Ariza-Salas MC, Guzmán-Báez HJ, Zárate-Cadena F. Comparison of debonding resistance and failure type of three orthodontic band cements. Rev Fac Odontol Univ Antioq 2016; 28(1): 95-111. DOI: <http://dx.doi.org/10.17533/udea.rfo.v28n1a5>

- 1 Artículo presentado como requisito del residente de posgrado para optar el título de Especialista en Ortodoncia en la Fundación Centro de Investigación y Estudios Odontológicos (CIEO), Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia. Financiado por la Fundación Centro de Investigación y Estudios Odontológicos (CIEO).
- 2 Odontóloga, Facultad de Odontología, Institución Universitaria Colegios de Colombia. Colegio Odontológico. Residente de Posgrado en Ortodoncia, Universidad Militar Nueva Granada, Fundación CIEO, Bogotá, Colombia
- 3 Odontóloga, Facultad de Odontología de la Fundación Universitaria San Martín. Residente de Posgrado en Ortodoncia, Universidad Militar Nueva Granada, Fundación CIEO, Bogotá, Colombia
- 4 Odontólogo, Facultad de Odontología, Universidad Nacional de Colombia. MSc en Biomateriales y Rehabilitación oral: Indiana University, Indianápolis, Estados Unidos. Profesor honorario de la Universidad Nacional de Colombia.
- 5 Odontólogo, Facultad de Odontología, Colegio Odontológico Colombiano, Ortodontista y profesor de CIEO-UNICIEO, Bogotá, Colombia. Especialista en Docencia Universitaria, Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá, Colombia

- 1 Article submitted as a requirement for the graduate intern to earn the title of Orthodontics Specialist at Fundación Centro de Investigación y Estudios Odontológicos (CIEO), Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia. Funded by Fundación Centro de Investigación y Estudios Odontológicos (CIEO).
- 2 DMD, School of Dentistry, Institución Universitaria Colegios de Colombia. Colegio Odontológico. Graduate intern in Orthodontics, Universidad Militar Nueva Granada, Fundación CIEO, Bogotá, Colombia
- 3 DMD, School of Dentistry of Fundación Universitaria San Martín. Graduate intern in Orthodontics, Universidad Militar Nueva Granada, Fundación CIEO, Bogotá, Colombia
- 4 DMD, School of Dentistry, Universidad Nacional de Colombia. MSc in Biomaterials and Oral Rehabilitation: Indiana University, Indianapolis, United States. Honorary Professor at Universidad Nacional de Colombia.
- 5 DMD, School of Dentistry, Colegio Odontológico Colombiano. Orthodontist and Professor at CIEO-UNICIEO, Bogotá, Colombia. Specialist in University Teaching, Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá, Colombia.

RECIBIDO: OCTUBRE 14/2014 – ACEPTADO: AGOSTO 30/2016

SUBMITTED: OCTOBER 14/2014-ACCEPTED: AUGUST 30/2016

## INTRODUCCIÓN

Las bandas de ortodoncia se han utilizado durante más de cien años y, a pesar de la popularidad de otras técnicas, más del 85% de los ortodoncistas aún las utilizan rutinariamente como aditamentos para los molares. Estas se fijan en su lugar mediante una combinación de retención mecánica y química, como resultado de la estrecha adaptación de la banda al diente y cualquier adhesión proporcionada por el cemento a la banda.<sup>1,2</sup> Las bandas de ortodoncia son sometidas a un gran número de fuerzas en la boca, lo que da como resultado una compleja distribución de tensiones dentro del cemento, en la unión con el esmalte y en el interior mismo de la banda.<sup>3</sup>

Los cementos de ortodoncia están expuestos a agentes químicos presentes en la saliva, alimentos y enjuagues bucales, que pueden acelerar e incrementar la degradación del cemento.<sup>4</sup> Es determinante para el éxito del tratamiento ortodóncico seleccionar un cemento que cumpla con los objetivos deseados; lo más adecuado es que la resistencia a la descementación sea suficiente para mantener la banda en el diente durante todo el tiempo del tratamiento, pero no de una magnitud tal que la superficie del diente se lesione al momento de retirar la banda.

Los materiales para la cementación de bandas de ortodoncia deben llenar satisfactoriamente los espacios adyacentes a ellas, impidiendo parcialmente la acumulación de placa bacteriana. Por lo tanto, la selección debe llevarse a cabo teniendo en cuenta su capacidad para sellar la interfase, garantizar ausencia de efectos locales adversos, proveer estabilidad con los fluidos orales y soportar las fuerzas de compresión y cizallamiento.<sup>5</sup> La presencia de fallas en las bandas da lugar a una serie de problemas potenciales, como malestar local del tejido blando si la banda se desplaza debajo de la encía, visitas no programadas a la consulta, y descalcificación o caries si la falla se presenta en el cemento y pasa desapercibida. Se deben implementar estrategias encaminadas a reducir el riesgo de la desmineralización del esmalte, que con frecuencia se relaciona con el tratamiento de ortodoncia, como la educación del paciente, tratamientos

## INTRODUCTION

Orthodontic bands have been in use for more than one hundred years and, despite the popularity of other techniques, more than 85% of orthodontists still used them routinely as accessories for molars. They are tightly positioned by a combination of mechanical and chemical retention as result of the close adaptation of band to tooth and by any adhesion the cement provides the band with.<sup>1, 2</sup> Orthodontic bands are subjected to many forces in the mouth, resulting in a complex distribution of tensions within the cement, at the bonding with the enamel and in the inside of the band.<sup>3</sup>

Orthodontic cements are exposed to chemical agents present in saliva, food, and mouthwashes, which can accelerate and increase cement degradation.<sup>4</sup> For an orthodontic treatment to be successful, it is essential to select a cement that meets the desired objectives; debonding resistance must be sufficient to maintain the band on the tooth during the entire treatment period, but not as much so that it injures teeth when removing the band.

The cementing materials for orthodontic bands should satisfactorily fill the gaps adjacent to them, preventing the accumulation of dental plaque. Therefore, the selection of a cementing material should consider its capacity to seal the interface, ensure absence of local adverse effects, provide stability with oral fluids, and support compression and shear forces.<sup>5</sup> The presence of failures in bands results in a series of potential problems, such as local distress of soft tissues if the band is displaced below the gingiva, unscheduled dental visits, and demineralization or tooth decay if the failure occurs in the cement and goes unnoticed. The clinician must implement strategies aimed at reducing the risk of enamel demineralization, which often relates to the orthodontic treatment, such as education of patient, treatments

de fluoruro y la selección de materiales cementantes que demuestren un rendimiento clínico satisfactorio; por ello se prefiere utilizar un producto que provea ventajas adicionales, como la liberación de flúor, y que evite la desmineralización del esmalte.<sup>1, 2, 5</sup>

Los materiales cementantes en ortodoncia han evolucionado excepcionalmente. Existen diferentes casas comerciales que ofrecen una gran variedad de ellos, dentro de los cuales podemos encontrar el fosfato de zinc, el ionómero de vidrio convencional (GIC) y el ionómero de vidrio modificado con resina (RMGC). Recientemente se han introducido en el mercado, como cementantes de bandas, las resinas compuestas modificadas con poliácido, con el fin de favorecer la adhesión entre las superficies. Existe gran controversia en diferentes estudios que reportan que las resinas compuestas modificadas con poliácido se desempeñan de igual forma que los ionómeros de vidrio convencionales y los ionómeros de vidrio modificados con resina; otros autores reportan resistencias bajas a la descementación.

Aguilar y colaboradores refieren que los cementos más usados para cementar bandas en molares son los ionómeros de vidrio convencionales (CGI), los cuales tienen algunas ventajas, como liberación e ingesta de flúor constante, inhibición microbiana, adhesión química a esmalte y metal, bajo coeficiente térmico de expansión y baja solubilidad.<sup>6</sup>

Actualmente, los cementos de ionómero de vidrio modificados con resina (RMGIC) parecen ofrecer el mejor balance entre la liberación de flúor, la ingesta de flúor en el ambiente oral y la mayor durabilidad clínica para pacientes con alto riesgo de caries. Ellos son fotopolimerizados, alcanzando su máxima resistencia en menor tiempo, y parecen ser más resistentes que los ionómeros de vidrio convencionales (CGI).<sup>6</sup>

Williams y colaboradores refieren que las resinas compuestas modificadas con poliácido proporcionan un mayor radio de grupos metacrilato, permitiendo así mayor entrecruzamiento dentro de la matriz de resina; estos materiales tienen mejores propiedades físicas y mecánicas en comparación con los cementos de ionómero de vidrio

with fluoride, and the selection of cementing materials with satisfactory clinical performance; this is why it is necessary to use a product that provides additional advantages, such as fluoride release, and that avoids enamel demineralization.<sup>1, 2, 5</sup>

Orthodontic cementing materials have evolved exceptionally. There are various manufacturers that offer a variety of such materials, including zinc phosphate, conventional glass ionomer (CGI) and resin-modified glass ionomer (RMGI). Polyacid-modified composite resins have recently emerged in the market favoring cementation among surfaces. There is a great deal of controversy among studies reporting that polyacid-modified composite resins perform similarly to conventional glass ionomers and resin-modified glass ionomer; other authors report low debonding resistance.

Aguilar et al suggest that the most commonly used material for cementing bands on molars are conventional glass ionomers (CGI), which have some advantages, such as a constant release and intake of fluoride, microbial inhibition, chemical adhesion to enamel and metal, low coefficient of thermal expansion, and low solubility.<sup>6</sup>

Currently, resin-modified glass ionomers (RMGI) seem to offer the best balance between fluoride release, fluoride intake in the oral environment, and the greatest clinical durability for patients with high risk of caries. They are light-cured, reaching maximum resistance in less time, and seem to be more resistant than conventional glass ionomers (CGI).<sup>6</sup>

Williams et al claim that polyacid-modified composite resins provide a greater ratio of methacrylate groups, allowing increased cross-linking inside the resin matrix; these materials have improved physical and mechanical properties compared with resin-modified glass ionomer

modificados con resina, los cuales incluyen fuerzas tensionales y compresivas más altas, absorción de agua más baja, y una tasa equivalente de liberación de flúor.<sup>7</sup>

Los cementos usados en la actualidad cuentan con algunas limitaciones que pueden producir la descementación de las bandas durante el tratamiento con aparatología fija, ocasionando retrasos en el tratamiento y pérdida de tiempo y dinero para el operador y el paciente, y aumentando el riesgo de caries y descalcificación del tejido dental. Debido a la importancia de contar con un cementante de bandas óptimo que ofrezca una mayor retención y fuerza tensil, se considera determinante conocer y probar las características de los diferentes materiales usados con frecuencia en nuestra práctica diaria. Durante la evolución de los tratamientos de ortodoncia, es importante conservar las estructuras dentales y los tejidos blandos, así como garantizar una retención y un sellamiento adecuados, que permitan mantener la banda unida al diente durante todo el tratamiento ortodóncico y minimizar inconvenientes durante su ejecución. El objetivo del presente estudio consistió en comparar la resistencia a la descementación y el tipo de falla observada en tres materiales utilizados para la cementación de bandas, mediante el dispositivo universal de pruebas y el estereomicroscopio.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Este es un estudio experimental *in vitro*. La muestra se constituyó por terceros molares inferiores humanos extraídos con fines ortodóncicos, a los cuales se les cementaron bandas metálicas de ortodoncia, con el objetivo de comparar su resistencia y definir el tipo de falla que se presentó en el momento de su descementación. El tamaño de la muestra se definió estadísticamente; la fórmula permitió calcular una muestra de veinticuatro (24) especímenes por grupo (terceros molares inferiores), con una confianza del 95%, una potencia del 90% y un error del 3,6%. Los especímenes fueron distribuidos de forma aleatoria simple en tres grupos, formando un grupo control y dos grupos experimentales, para un total

cements, including higher tension and compressive forces, lower water absorption, and an equivalent rate of fluoride release.<sup>7</sup>

The cements used currently have some limitations that can cause the debonding of bands during treatment with orthodontic brackets, causing treatment delays and loss of time and money for both operator and patient, and increasing the risk of tooth decay and demineralization of dental tissue. Due to the importance of having optimal bands cementation that offers greater retention and tensile strength, it is critical to know and test the characteristics of the diverse materials frequently used in our daily practice. During the evolution of orthodontic treatments, it is important to keep dental structures and soft tissues, as well as guarantee appropriate retention and sealing, allowing band bonding to the tooth during the entire orthodontic treatment, minimizing inconveniences during the process. The goal of the present study was to compare the debonding resistance and failure type observed in three materials commonly used for band cementation, by means of the universal testing machine and a stereomicroscope.

## MATERIALS AND METHODS

This was an *in vitro* experimental study with a sample of human third lower molars extracted for orthodontic reasons, to which metal orthodontic bands were cemented, with the objective of comparing their resistance and defining the failure types occurring at the moment of debonding. The sample size was statistically defined; the formula allowed calculating a sample of twenty-four (24) samples per group (third lower molars), with a confidence interval of 95%, a power of 90%, and an error rate of 3.6%. The samples were randomly distributed in three groups, forming a control group and two pilot groups, for a total

de 72 especímenes. En este estudio se incluyeron terceros molares inferiores con indicación de extracción y con integridad coronal. Se excluyeron los especímenes con fracturas, caries, anomalías de forma, restauraciones en todas las superficies exceptuando la oclusal, o anomalías de estructura que afectaran el esmalte, como amelogenesis imperfecta, hipoplasia o hipocalcificación.

Para el grupo control se usó el cemento de fosfato de zinc (Stocemt, Stodent-Int, Bogotá, Colombia); para el grupo experimental 1 se usó un cemento de ionómero de vidrio modificado con resina (GC Fuji Ortho, American Inc, Tokio, Japón), y para el grupo experimental 2 se usó resina compuesta modificada con poliácido (Transbond™ Plus, 3M Unitek, Minnesota, EEUU).

Para el desarrollo de la presente investigación se llevaron a cabo las siguientes fases y procedimientos:

**Recolección y almacenamiento de la muestra.** Previa aprobación del protocolo de investigación por el comité de ética de la institución, se les explicó a los pacientes el consentimiento informado, como donantes de sus terceros molares, el cual fue aceptado y firmado. La recolección de los especímenes se realizó durante un periodo de 6 meses aproximadamente. Se obtuvieron de la práctica privada de los investigadores y de diferentes clínicas odontológicas de la ciudad de Bogotá y Zipaquirá, Cundinamarca, en pacientes que requerían exodoncias de terceros molares inferiores. Después de realizar la exodoncia, se removieron los restos orgánicos, se desinfectaron con solución de hipoclorito de sodio al 0,5%, se lavaron con abundante agua y se almacenaron en solución de Cloramina T (la tosylcloramida de sodio es una sal de sodio usada como desinfectante para evitar su contaminación), a temperatura ambiente. Se procedió a la selección de los terceros molares inferiores que cumplieran con los criterios de inclusión, cada uno de los cuales fue colocado en una base rectangular de acrílico autopolimerizable de 15 x 15 mm de ancho y 20 mm de alto, siendo esta la medida estandarizada de acuerdo a la mordaza y base del dispositivo universal de pruebas (Instron 3367 clase 0,5, con celda de carga 0-30 kN, EE.UU.). Una vez polimerizado el acrílico, fueron nuevamente

of 72 samples. The study included third lower molars requiring extraction and with coronal integrity. The exclusion criteria were: samples with fissures, cavities, shape anomalies, restorations in all the surfaces except the occlusal, or anomalies of structure affecting the enamel, such as amelogenesis imperfecta, hypoplasia, or hypomineralization.

The control group was treated with phosphate zinc cement (Stocemt, Stodent-Int, Bogotá, Colombia); pilot group 1 was treated with a resin-modified glass ionomer cement (GC Fuji Ortho, American Inc, Tokyo, Japan), and pilot group 2 with polyacid-modified composite resin (Transbond™ Plus, 3M Unitek, Minnesota, USA).

The following phases and procedures were used for the present research project:

**Sample collection and storage.** After approval of the research protocol by the Ethics Committee of the institution, patients were explained the informed consent as donors of their molars, which they accepted and signed. Sample collection was conducted during a period of about 6 months, obtaining samples from the researchers' private practice and from various dental clinics of the cities of Bogotá and Zipaquirá, Cundinamarca, in patients requiring extraction of third lower molars. Following extraction, organic remains were removed, disinfecting with 0.5% sodium hypochlorite solution, rinsing with plenty of water, and storing at room temperature in Chloramine T solution (sodium tosylchloramide is a sodium salt used as disinfectant). The third lower molars meeting the inclusion criteria were selected and each was placed on a rectangular base of self-curing acrylic of 15 x 15 mm in width and 20 mm in height—the standardized measure according to the grips and base of the universal testing machine (Instron 3367 class 0.5, with 0-30 Kn load cell, USA)—. Once the acrylic was photo-cured, they were

sumergidos en Cloramina T, con el fin de evitar la deshidratación del tejido dentario.

Selección de las bandas y cementación. Este procedimiento lo realizó un solo operador para eliminar la influencia de la variabilidad. Se procedió a seleccionar las bandas metálicas de ortodoncia (Bracket USA, OrthoUSA, USA). Como no se encontraron bandas para terceros molares inferiores, se usaron bandas de primeros molares inferiores con superficie de fijación interna grabada y tubo presoldado en la superficie vestibular. Se tomaron las bandas entre las tallas 35+, 36, 36+ y 37. Antes de colocar las bandas, cada espécimen fue sometido a profilaxis con solución de bicarbonato de sodio en agua, utilizando una pieza de baja velocidad con cepillo profiláctico. Las muestras se lavaron por 30 segundos y finalmente se secaron con aire a presión por 10 segundos; luego fueron distribuidas aleatoriamente en tres grupos iguales, cada uno constituido por 24 especímenes (terceros molares inferiores). El grupo control fue cementado con fosfato de zinc (Stocemt, Stodent-Int, Bogotá, Colombia). Se preparó el cemento de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. Una vez lista la mezcla, se tomó un FP3 y se esparció el material por las partes internas de las bandas cubriendo todas las superficies; una vez cargadas las bandas, se tomó un asentador de bandas y bajo presión manual fueron cementadas. El exceso de cemento fue retirado con un FP3. La cementación del segundo grupo se realizó con ionómero de vidrio modificado con resina (GC Fuji Ortho, American Inc, Tokio, Japón). Se preparó el cemento de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. Una vez lista la mezcla, se tomó un aplicador plástico y se esparció el material por las partes internas de las bandas cubriendo todas las superficies internas. Una vez cargadas las bandas, se tomó un asentador de bandas y bajo presión manual fueron cementadas. El exceso de cemento fue retirado con un FP3, y se esperó que polimerizara aproximadamente 5 minutos y medio desde el inicio de la mezcla. Por último, la cementación del tercer grupo se realizó con la resina compuesta modificada con poliácido. (Transbond™ Plus, 3M Unitek, Minnesota, EEUU). La punta angular se dirigió al interior de la banda y se aplicó

submerged in Chloramine T one more time, to prevent dehydration of dental tissue.

Selection of bands and cementation. This procedure was made by a single operator to avoid the influence of variability. The orthodontic metal bands were selected (Bracket USA, OrthoUSA, USA). As bands for third lower molars were not found, we used bands for first lower molars with etched internal fixation surface and pre-soldered pipe on the vestibular surface. Bands of sizes 35+, 36, 36+ and 37 were selected. Before attaching the bands, each sample was subjected to prophylaxis with sodium bicarbonate solution in water, using a low speed piece with prophylactic brush. The samples were rinsed for 30 seconds and finally dried with compressed air for 10 seconds; then they were randomly distributed into three groups, each with of 24 samples (third lower molars). The control group was cemented with zinc phosphate (Stocemt, Stodent-Int, Bogotá, Colombia), which was prepared following the manufacturer's recommendations. Once the mix was ready, an FP3 was used to spread the material on the bands' internal areas covering all surfaces; once the bands were loaded, a band seater was used to cement the samples with hand pressure. Excess cement was removed with an FP3. The second group was cemented with resin-modified glass ionomer (GC Fuji Ortho, American Inc, Tokyo, Japan), which was prepared following the manufacturer's recommendations. Once the mix was ready, a plastic applicator was used to spread the material through the internal parts of the bands covering all internal surfaces. Once the bands were loaded, a band seater was used to cement the band with hand pressure. Excess cement was removed with an FP3 instrument, waiting for 5 and a half minutes for it to light cure. Finally, the third group was cemented with polyacid-modified composite resin (Transbond™ Plus, 3M Unitek, Minnesota, USA). The angular tip was pointed to the inside of the band, applying

el adhesivo directamente sobre toda la superficie interna. Se procedió a colocar las bandas en los dientes tomando un asentador de bandas, y bajo presión manual fueron cementadas. Con un FP3 se limpiaron los excesos del adhesivo, que visualmente eran de color azul, y se fotopolimerizó el cemento durante 12 segundos en su parte oclusal, con una lámpara de tipo LED de intensidad 1600 mW/cm<sup>2</sup> (Ortholux™ Luminous, 3M Unitek, Minnesota, EEUU). Todos los especímenes fueron luego almacenados en solución salina por un periodo de 2 meses.

**Ciclaje térmico.** Todos los especímenes fueron sometidos a un proceso de 2000 ciclos térmicos en el termociclador diseñado y fabricado en la Facultad de Odontología de la Pontificia Universidad Javeriana (Bogotá, Colombia), con el fin de simular los cambios térmicos que se producen en la cavidad oral. Las especificaciones del equipo son las siguientes: voltaje nominal de 120V, corriente nominal de 53 amp, ancho de 46 cm, largo de 87 cm, altura corriente de 60 cm, capacidad del tanque de 2000 cc, capacidad de cubas de 2100 cc. El equipo de termociclado consta de dos compartimentos, los cuales se llenaron con agua a diferentes temperaturas. En esta investigación se utilizaron temperaturas de 55 °C como máxima y de 5 °C como mínima. Los dientes se colocaron dentro de una malla, la cual fue sostenida por un brazo del equipo, realizando un movimiento de traslado automáticamente de un compartimento a otro. El tiempo de inmersión de los especímenes fue de 15 segundos y el tiempo de traslado de 5 a 7 segundos. Terminado el ciclaje térmico, todos los especímenes fueron nuevamente almacenados en solución salina durante un mes.

**Prueba mecánica.** Se realizó la prueba de resistencia a la descementación de las bandas ortodóncicas empleando el dispositivo universal de pruebas (Instron 3367 clase 0,5, con celda de carga 0-30 Kn, EE.UU.), en el laboratorio de pruebas del Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de los Andes (Bogotá, Colombia). La prueba se efectuó a temperatura ambiente y cada espécimen se sujetó desde la base de acrílico en la mordaza inferior, mientras que en la mordaza superior se colocó un aditamento, el cual fue diseñado por los estudiantes,

the adhesive directly on the entire inner surface. The bands were attached to the teeth using a band seater, cementing with hand pressure. An FP3 instrument, was used to clean excess adhesive, which was of a blue shade; the cement was photo-cured for 12 seconds on its occlusal side, with a LED lamp of 1600 mW/cm<sup>2</sup> in intensity (Ortholux™ Luminous, 3M Unitek, Minnesota, USA). All samples were then stored in saline solution for a period of 2 months.

**Thermal cycling.** All samples were subjected to a process of 2000 thermal cycles in the thermal cyclor designed and manufactured at the School of Dentistry of Pontificia Universidad Javeriana (Bogotá, Colombia) to simulate the thermal changes produced in the oral cavity. These are the specifications of the device: 120V nominal voltage, 53 amp nominal current, 46 cm in width, 87 cm in length, 60 cm in current height, 2000 cc tank capacity, 2100 cc well capacity. The device has two compartments, which were filled with water at different temperatures. The temperatures used were 55 °C as maximum and 5 °C as minimum. The teeth were placed in a mesh that was supported by an arm of the equipment, performing an automatic transfer movement from one compartment to another. The samples were submerged for 15 seconds with a transfer time of 5 to 7 seconds. Following thermal cycling, all samples were again stored in saline solution for one month.

**Mechanical testing.** The test of debonding resistance of the orthodontic bands was conducted with a universal testing machine (Instron 3367 class 0.5, with a cell load of 0-30 Kn, USA) at the testing laboratory of the Department of Mechanical Engineering of Universidad de los Andes (Bogota, Colombia). The test was conducted at room temperature and each sample was fastened from the acrylic base to the lower grip, while an accessory was placed on the upper grip; this accessory was designed by the students

que constó de un tornillo metálico con un diámetro de 10 mm por 10 cm de alto. En la parte inferior se soldó un gancho, el cual funcionó como pinza para retirar la banda. Este aditamento simula el procedimiento clínico lo más parecido posible. Este aditamento fue ubicado debajo del borde gingival del tubo vestibular presoldado, realizando una fuerza en dirección oclusal, hasta que la banda fuera desprendida en su totalidad, a una velocidad de 2mm/min. Los datos se procesaron con el programa Blue Hill II y los registros se obtuvieron en Newtons (N); posteriormente fueron convertidos en megapascales (MPa), teniendo en cuenta el área de la superficie de banda (mm<sup>2</sup>), para poder realizar el análisis de la fuerza entre los diferentes grupos.

**Estereomicroscopía.** Para determinar el tipo de falla que se presentó, un solo operador observó la superficie de fijación interna de la banda y del esmalte de todos los especímenes utilizando un estereomicroscopio (Stemi 2000C, Carl Zeiss, Göttingen, Germany) que se encuentra conectado la AXIOCAM (Carl Zeiss Microimaging GmbH 37081, Göttingen, Germany), ubicado en la Fundación CIEO (Bogotá, Colombia), con una magnificación de 10X. Para establecer el tipo de falla observado, se usó la clasificación propuesta por Knox y colaboradores,<sup>8</sup> la cual cataloga el sitio de falla como:

- 0 = Volúmenes iguales de cemento sobre la superficie del esmalte y de la superficie interna de la banda, falla cohesiva.
- 1 = La mayor parte de la falla está en la unión cemento-metal, falla adhesiva.
- 2 = La mayor parte de la falla está en la unión cemento-esmalte, falla adhesiva.

Se realizaron las pruebas estadísticas Box Plot y Bonferroni, Shapiro Wilk, ANOVA una vía, chi-cuadrado, Fischer y Sommer's D por medio del Programa estadístico libre RV. 3.1, 2014.

Este estudio fue avalado por el Comité de Ética de la Investigación de la fundación CIEO, mediante acta del 23 de febrero de 2014.

and consisted of a metal screw with 10 mm in diameter and 10 cm in height. A hook was soldered to the lower part, working as a clamp to remove the band. This accessory simulates the clinical procedure as close as possible, and was placed below the gingival edge of the pre-soldered vestibular tubule with a force in occlusal direction until detaching the band in its entirety, to a speed of 2 mm / min. The data were processed on the Blue Hill II software and the records were registered in Newtons (N), which were later converted into megapascals (MPa), taking into account the band's surface area (mm<sup>2</sup>), to later perform the analysis of forces among the three groups.

**Stereomicroscopy.** To determine the type of failure that occurred, a single operator observed the surface of internal bonding of band and enamel in all the samples by means of a stereomicroscope (Stemi 2000 C, Carl Zeiss, Göttingen, Germany) which was connected the AXIOCAM (Carl Zeiss Microimaging GmbH, 37081 Göttingen, Germany) located at Foundation CIEO (Bogotá, Colombia), with a magnification of 10X. To determine failure type, we used the classification proposed by Knox et al,<sup>8</sup> which classifies site failure as follows:

- 0 = Equal volumes of cement on the enamel surface and the band's inner surface: cohesive failure.
- 1 = Most part of failure occurs at the cementum-metal interface: adhesive failure.
- 2 = Most part of failure occurs at the cementum-enamel interface: adhesive failure.

The following statistical tests were conducted: Box Plot and Bonferroni, Shapiro Wilk, one way ANOVA, Chi-square, and Fischer & Sommer's D by means of the free statistical program RV 3.1, 2014.

This study was approved by the Research Ethics Committee of Foundation CIEO, by affidavit of February 23, 2014.



## RESULTADOS

Al comparar los promedios de resistencia a la descementación, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tres grupos (valor  $p = 0,119$ ). El mayor valor de resistencia a la descementación lo presentó el grupo control (fosfato de zinc), con fuerzas de 55 MPa, seguido por el grupo experimental 1 (ionómero de vidrio modificado con resina), con fuerzas de 49,2 MPa y el grupo experimental 2 (resina compuesta modificada con poliácido), con fuerzas de 46,3 MPa (Figura 1).

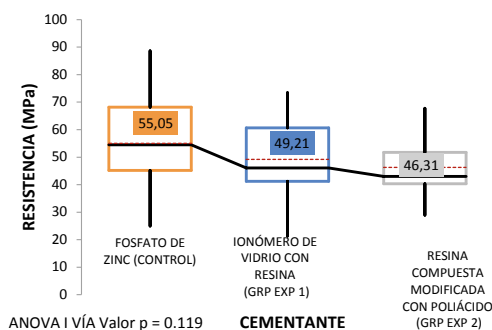


Figura 1. Comparación de la resistencia a la descementación de tres cementantes en bandas

Para establecer el tipo de falla, se realizó inspección visual en el estereomicroscopio a cada uno de los especímenes. Se encontró que para el grupo control el tipo de falla cohesiva 0 se presentó en un 12,5%, con un total de 3 especímenes, para el tipo de falla cemento-metal 1 se presentó en un 25% con un total de 5 especímenes, y para el tipo de falla cemento-esmalte 2 se presentó en un 62,5% con un total de 15 especímenes. Para el grupo experimental 1, el tipo de falla cohesiva 0 se presentó en un 20%, con un total de 5 especímenes. Para el tipo de falla cemento-metal 1, se presentó en un 33% con un total de 8 especímenes, y para el tipo de falla cemento-esmalte 2 se presentó en un 47% con un total de 11 especímenes. Para el grupo experimental 2, el tipo de falla cohesiva 0 se presentó en un 20%, para un total de 5 especímenes. Para el tipo de falla cemento-metal 1, se presentó en un 4%, para un total de 1 espécimen, y para el tipo de falla cemento-esmalte 2 se presentó en un 76% para un total de 18 especímenes.

## RESULTS

The comparison of debonding resistance averages did not yield statistically significant differences among the three groups ( $p$  value = 0.119). The highest debonding resistance value was found in the control group (zinc phosphate), with forces of 55 MPa, followed by pilot group 1 (resin-modified glass ionomer), with forces of 49.2 MPa and pilot group 2 (polyacid-modified composite resin), with forces of 46.3 MPa (Figure 1).

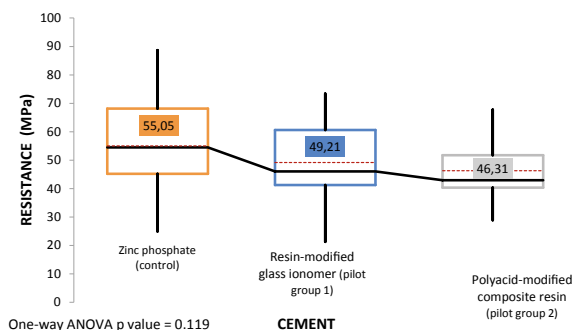
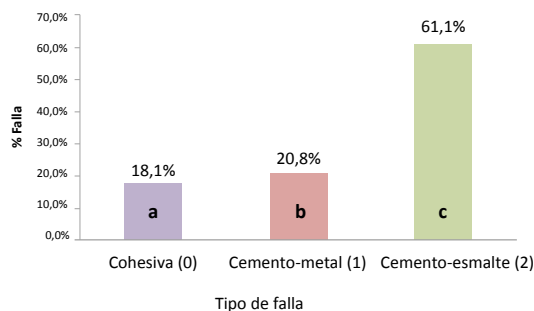


Figure 1. Comparison of debonding resistance of three band cementing agents

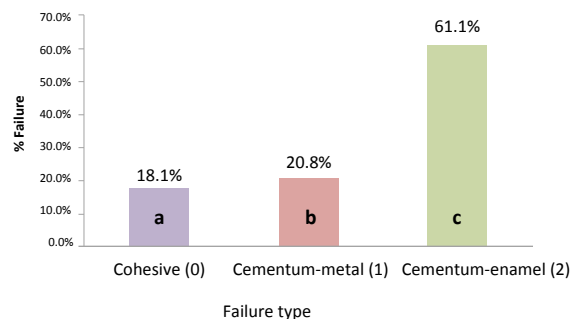
To establish failure type, a visual observation of each sample was conducted on the stereomicroscope, finding out that in the control group, cohesive 0 failure occurred in 12.5%, with a total of 3 samples, the cementum-metal 1 failure occurred in 25% with a total of 5 samples, and the cementum-enamel 2 failure occurred in 62.5% with a total of 15 samples. In pilot group 1, cohesive 0 failure occurred in 20%, with a total of 5 samples; cementum-metal 1 failure occurred in 33% with a total of 8 samples, and cementum-enamel 2 failure occurred in 47% with a total of 11 samples. In pilot group 2, cohesive 0 failure occurred in 20%, for a total of 5 samples; cementum-metal 1 failure occurred in 4%, for a total of 1 sample, and cementum-enamel 2 failure occurred in 76% for a total of 18 samples.

Por lo tanto, se puede determinar que el tipo de falla que más se observó en los tres cementantes de bandas fue cemento-esmalte 2 (61,1%), presentando una diferencia estadísticamente significativa, mientras que el tipo de falla cohesiva (18,1%) y el tipo de falla cemento-metal 1 (20,8%) se presentaron en un menor porcentaje (Figura 2).

It can be concluded then that the most common failure type in the three band cementing agents was cementum-enamel 2 (61.1%), with a statistically significant difference, while cohesive (18.1%) and cementum-metal 1 (20.8%) failure types occurred in lower percentages (Figure 2).



Chi cuadrado para proporciones  $p=6.8E-09$ , letras diferentes implican diferencias significativas



Chi square test of proportions  $p = 6.8E-09$ , different letters mean significant difference.

Figura 2. Distribución general del tipo de falla

Se procedió a hacer el análisis comparativo intragrupo, según el tipo de falla presentado en los tres cementantes de bandas. Se encontró que para el grupo control (fosfato de zinc) existe una diferencia estadísticamente significativa, predominando el tipo de falla cemento-esmalte 2 (62,5%). En cuanto al tipo de falla cemento-metal 1 (25%) y cohesiva (12,5%), se presentaron en un menor porcentaje. Con respecto al grupo experimental 1 (ionómero de vidrio modificado con resina), se observaron diferencias estadísticamente significativas para el tipo de falla cemento-esmalte 2, el cual se presentó con valores mayores de 47%, mientras que el tipo de falla cohesiva 0 se presentó con un valor menor de 20%. El tipo de falla cemento-metal no presentó diferencias estadísticamente significativas con respecto a los tipos de fallas nombrados anteriormente. Por último, para el grupo experimental 2 (resina compuesta modificada con poliácido) existe una diferencia estadísticamente significativa entre los tres tipos de falla, predominando el tipo de falla cemento-esmalte 2, con valores mayores de 76%. Los tipos de falla cemento-metal (4%) y cohesiva (20%) se presentaron relativamente bajos (Figura 3).

Figure 2. Overall distribution per failure type

Next was the intragroup comparative analysis, depending on failure types observed in the three band cementing agents. We found out that the control group (zinc phosphate) had a statistically significant difference, with predominance of cementum-enamel 2 failure (62.5%). Cementum-metal 1 (25%) and cohesive (12.5%) failure types had a lower percentage. Concerning pilot group 1 (resin-modified glass ionomer), there were statistically significant differences for cementum-enamel 2 failure type, with values higher than 47%, while cohesive 0 failure type had a value lower than 20%. The cementum-metal failure type did not show statistically significant differences in comparison to the other two failure types. Finally, for pilot group 2 (polyacid-modified composite resin) there was a statistically significant difference between the three failure types, with predominance of cementum-enamel 2 failure type, with values over 76%. The cementum-metal (4%) and cohesive (20%) failure types were relatively low (Figure 3).

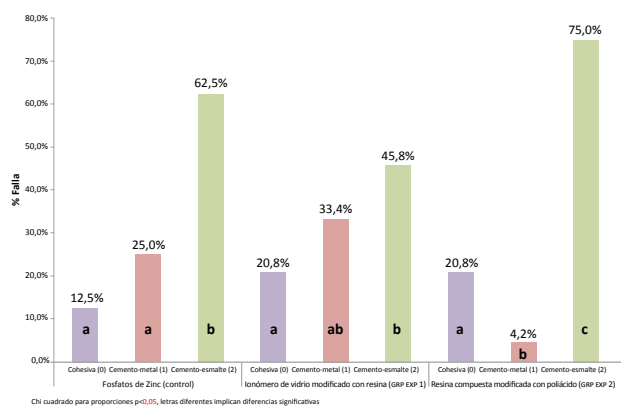


Figura 3. Comparación intragrupo del tipo de falla de tres cementantes en bandas

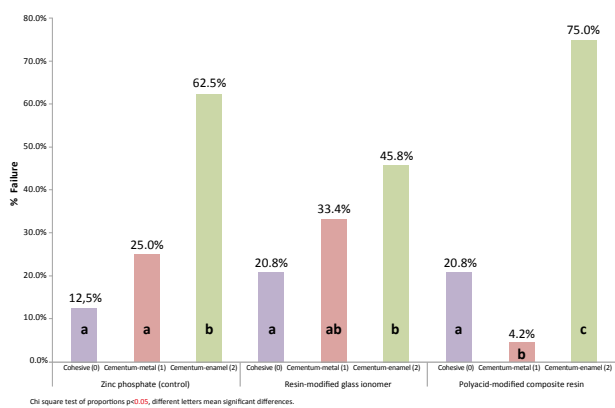


Figure 3. Intragroup comparison of failure type in three band cementing agents

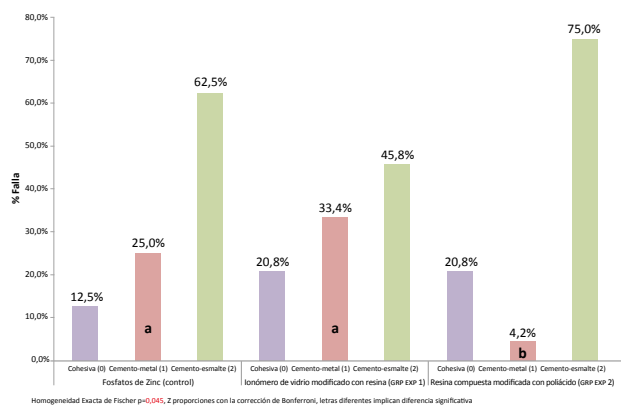


Figura 4. Comparación intergrupo del tipo de falla de tres cementantes en bandas

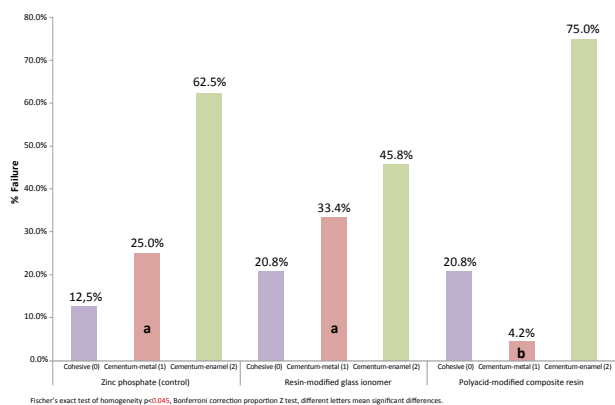


Figure 4. Intergroup comparison of failure type in three band cementing agents

En el análisis comparativo intergrupo del tipo de falla se aplicó la prueba de homogeneidad de proporciones por exacta de Fischer, en el cual se obtuvo como resultado que existe una diferencia estadísticamente significativa ( $p = 0.045$ ); se aplicó entonces la prueba Z de proporciones con corrección de Bonferroni, para determinar dónde estaba la diferencia, y se encontró que la falla cohesiva 0 y la falla cemento-esmalte 2 no presentaron diferencias estadísticamente significativas en los tres materiales cementantes. Sin embargo, para el tipo de falla cemento-metal 1 se encontró una diferencia estadísticamente significativa, observando valores menores (4%) en el grupo experimental 2

The intergroup comparative analysis of failure type was conducted with Fischer's exact test of homogeneity of proportions, which yielded a statistically significant difference ( $p = 0.045$ ). The Bonferroni correction proportion Z test was then used to determine where the difference was, finding out that cohesive failure 0 and cementum-enamel 2 failure types did not show statistically significant differences in the three cementing materials. However, there was a statistically significant difference in the cementum-metal 1 failure type, with lower values (4%) in pilot group 2

(resina compuesta modificada con poliácido) y valores mayores (25%) en el grupo control (fosfato de zinc) y en el grupo experimental 1 (33%), ionómero de vidrio modificado con resina (Figura 4).

Se efectuó un análisis de correspondencia múltiple entre cemento, tipo de falla y resistencia a través de la aplicación Sommer's D, la cual reportó que la falla cohesiva 0 se presentó en cualquiera de los tres materiales cementantes y tiende a presentarse con fuerzas que van de 69 a 79 MPa. La falla cemento-metal 1 se asocia significativamente con el ionómero de vidrio modificado con resina a fuerzas que van de 44 a 78 MPa. La falla cemento-esmalte 2 tiende a presentarse significativamente en cemento de resina compuesta modificada con poliácido, con fuerzas que van de 20 a 43 MPa; por último, el fosfato de zinc tiende a presentar cualquier tipo de falla con fuerzas de 56 a 67 MPa (Figura 5).

(polyacid-modified composite resin) and higher values in the control group—zinc phosphate—(25%) and in pilot group 1—resin-modified glass ionomer—(33%) (Figure 4).

A multiple correspondence analysis was performed among cement, failure type and resistance by means of the Somers' D test, showing that the cohesive 0 failure occurred in any of the three cementing materials and tends to have forces ranging from 69 to 79 MPa. The cementum-metal 1 failure type is significantly associated with the resin-modified glass ionomer at forces ranging from 44 to 78 MPa. The cementum-enamel 2 failure tends to occur especially in the polyacid-modified composite resin cement with forces ranging from 20 to 43 MPa; finally, zinc phosphate tends to show any failure type with forces of 56 to 67 MPa (Figure 5).

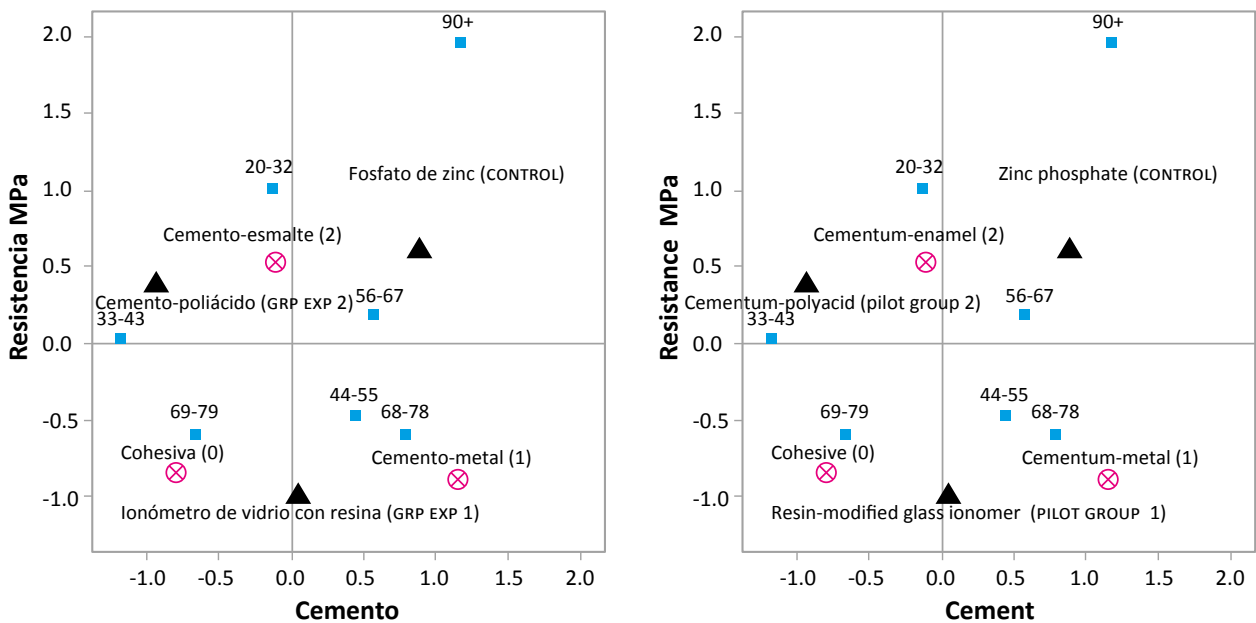


Figura 5. Análisis de correspondencia múltiple entre cemento, tipo de falla y resistencia

Figure 5. Multiple correspondence analysis among cement, failure type and resistance

## DISCUSIÓN

La prueba mecánica fue realizada con el equipo de pruebas Instron, en el cual se efectuó la descementación con una fuerza en sentido gingivo-oclusal a una velocidad de 2 mm/min, que es un promedio reportado en la literatura.<sup>2, 8-11</sup> Clark y colaboradores emplearon velocidades de 2 mm/min,<sup>2</sup> Millett y colaboradores utilizaron 1 mm/min,<sup>9</sup> Knox y colaboradores 1 mm/min,<sup>8</sup> Sfondrini y colaboradores 1 mm/min,<sup>10</sup> y Caglaroglu y colaboradores 1 mm/min.<sup>11</sup> Esta es una variable importante a tener en cuenta, puesto que a mayor velocidad, mayores valores de resistencia a la descementación.

Este estudio demostró que no existe diferencia estadísticamente significativa en cuanto a la resistencia a la descementación entre los tres materiales cementantes, lo que indica que el fosfato de zinc, el ionómero de vidrio modificado con resina y las resinas compuestas modificadas con políácido son capaces de demostrar una resistencia similar a la descementación de bandas. Sin embargo, es importante resaltar que la fuerza presentada en el cemento fosfato de zinc alcanzó un promedio más alto de 55 MPa. Estos resultados se pueden deber a que el fosfato de zinc tiene mayor retención mecánica por ser un cemento más denso, produciendo una traba mecánica, lo cual podría aumentar la resistencia a la descementación, como lo corrobora Guzmán en el año 2006.<sup>12</sup> Otros autores, como Millett y colaboradores en el 2005, y Caglaroglu y colaboradores en el 2014, no encontraron diferencias estadísticamente significativas en la resistencia a la descementación. Esto pudo deberse a que en sus estudios tomaron como materiales cementantes los ionómeros de vidrio convencional y el ionómero de vidrio modificado con resinas. Teniendo en cuenta que no utilizaron fosfato de zinc, sus resultados concuerdan con lo observado en la presente investigación, en la que sí se utilizó el fosfato de zinc como material cementante.<sup>11, 13</sup>

En el presente estudio se observó que las fuerzas de resistencia a la descementación obtenidas fueron más altas que las reportadas en la literatura revisada, ya que el punto de aplicación de la fuerza fue generado sobre una sola superficie. Este hallazgo difiere con algunos

## DISCUSSION

The mechanical test was carried out with an Instron device, debonding with a force in a gingival-occlusal direction to a speed of 2 mm/min—an average that has been reported in the literature—.<sup>2, 8-11</sup> Clark et al used speeds of 2 mm/min,<sup>2</sup> Millett et al used 1 mm/min,<sup>9</sup> Knox et al 1 mm/min,<sup>8</sup> Sfondrini et al 1 mm/min,<sup>10</sup> and Caglaroglu et al 1 mm/min.<sup>11</sup> It is important to keep this variable in mind, since the higher the speed, the higher the values of debonding resistance.

This study showed that there are no statistically significant differences in terms of debonding resistance among the three cementing materials, suggesting that zinc phosphate, resin-modified glass ionomer, and polyacid-modified composite resin all have similar resistance values to band debonding. However, it is important to note that the force shown by zinc phosphate reached a higher average of 55 MPa. These results may be explained because zinc phosphate has higher mechanical retention properties as it is a thicker cement, producing mechanical strength, which could increase debonding resistance, as shown by Guzman in 2006.<sup>12</sup> Other authors, such as Millett et al in 2005 and Caglaroglu et al in 2014, found no statistically significant differences in debonding resistance. This may have happened because they used conventional glass ionomer and resin-modified glass ionomer as cementing agents in their studies. Taking into account that they did not use zinc phosphate, their results are consistent with what was observed in the present study, which did use zinc phosphate as a cementing material.<sup>11, 13</sup>

The present study showed that the obtained forces of debonding resistance were higher than those reported in the reviewed literature, since force was applied on a single surface. This finding differs from

estudios previos,<sup>7, 8, 13</sup> en los que los rangos de las fuerzas de resistencia a la descementación fueron menores ya que el punto de aplicación de la fuerza involucró dos superficies.<sup>10, 11</sup>

La técnica de descementación de las bandas utilizada en el presente estudio fue similar a la empleada por Clark y colaboradores, en cuyo estudio el punto de aplicación de la fuerza fue en una sola superficie en dirección oclusal. Por otro lado, es importante aclarar que la unidad de medida arrojada por el equipo de prueba correspondió a Newtons (N); fue necesario mantener esta unidad de medida para poder realizar una comparación con el estudio de Clark y colaboradores.<sup>2</sup>

En el presente estudio se utilizaron como materiales cementantes fosfato de zinc, ionómero de vidrio modificado con resina y resina compuesta modificada con poliácido; el valor promedio de la resistencia a la descementación fue de 100,9 N. En el 2003, Clark y colaboradores<sup>2</sup> utilizaron cemento polifosfonato de vidrio e ionómero de vidrio convencional, así como bandas de superficie lisa; los valores promedio obtenidos fueron de 37,73 N y 61,43 N, respectivamente. Sin embargo, el rango de fuerza obtenido en este estudio sigue siendo mayor, posiblemente porque se utilizó cemento de ionómero de vidrio modificado con resina, así como bandas con grabado interno, lo que favorece la resistencia a la descementación.<sup>1, 2</sup>

Teniendo en cuenta la composición química de cada material cementante, es importante destacar que las resinas compuestas modificadas con poliácido evitan la previa preparación del sustrato dentario para favorecer la adhesión entre las superficies; esto se da gracias al ácido cítrico dimetacrilato. En este estudio, el tipo de falla que predominó en el grupo de resina compuesta modificada con poliácido se presentó en la interfase cemento-esmalte 2 con un valor del 76%. Esto puede deberse a que el ácido cítrico dimetacrilato se encuentra en concentraciones bajas y no produce una preparación de la superficie adecuada para que la resina se adhiera a la superficie del diente. Ello contrasta con los resultados de Caglaroglu y colaboradores en el año 2014,<sup>11</sup> quienes utilizaron como agentes cementantes las resinas compuestas

previous studies,<sup>7, 8, 13</sup> in which the ranges of debonding forces were lower as the point of application of forces involved two surfaces.<sup>10, 11</sup>

The band debonding technique used in this study was similar to that used by Clark et al, whose study used a point of application of force on a single surface in an occlusal direction. On the other hand, it is important to clarify that the unit of measure used was expressed in Newtons (N); it was necessary to keep this unit of measure for comparison with the study by Clark et al.<sup>2</sup>

The cementing materials used in this study were zinc phosphate, resin-modified glass ionomer, and polyacid-modified composite resin; the average debonding resistance value was 100.9 N. In 2003, Clark et al<sup>2</sup> used polyphosphate glass cement and conventional glass ionomer, as well as bands with smooth surfaces; the average values they obtained were 37.73 N and 61.43 N, respectively. However, the force range obtained in this study is still higher, possibly because of the use of resin-modified glass ionomer and bands with internal etching, which favors debonding resistance.<sup>1, 2</sup>

Concerning the chemical composition of each cementing material, it is important to highlight that polyacid-modified composite resins avoid the prior preparation of the tooth substrate to favor adherence between surfaces; this occurs due to the dimethacrylate citric acid. In this study, the predominant failure type in the group subjected to polyacid-modified composite resin occurred in the cementum-enamel interface 2 with a value of 76%. This may be explained because of the low concentrations of dimethacrylate citric acid which prevent adequate surface preparation for the resin to adhere to dental surface. This contrasts with the findings by Caglaroglu et al in 2014,<sup>11</sup> who used polyacid-modified composite resin

modificadas con poliácido, y la falla predominante ocurrió en la interfase cemento-banda. Quizá ello se debió a que utilizaron una técnica de descementación diferente, y a que el proceso de envejecimiento térmico se realizó en condiciones diferentes a las del presente estudio.

En el presente estudio, para el material cementante ionómero de vidrio modificado con resina, se encontró que el tipo de falla con mayor frecuencia ocurrió en la interfase cemento-esmalte 2, con 47%; Knox y colaboradores, en el año 2004,<sup>8</sup> reportaron diferentes resultados, ya que el ionómero de vidrio modificado con resina (Fujiortho) demostró que el tipo de falla con mayor prevalencia se presentó en la interfase cemento-metal. Este resultado se pudo haber debido a que la técnica de descementación utilizada fue diferente, así como el proceso de envejecimiento térmico, en comparación con el presente estudio. Por otro lado, en este estudio se observó que el tipo de falla de mayor prevalencia que se presentó con el material cementante fosfato de zinc ocurrió en la interfase cemento-esmalte 2 (62,5%); así mismo, Knox y colaboradores, en el año 2004,<sup>8</sup> reportaron que el tipo de falla encontrado en el fosfato de zinc ocurrió en la interfase cemento-esmalte. Teniendo en cuenta que el fosfato de zinc utilizado en el presente estudio corresponde a una marca diferente a la utilizada en el estudio de Knox y colaboradores, se puede decir que la similitud de los resultados se debe a que el cemento fosfato de zinc no posee propiedades adhesivas al tejido dentario, como tampoco a los metales.<sup>12</sup>

En cuanto al tipo de falla cohesiva, en la presente investigación ocurrió en los tres materiales cementantes observados, y no hubo diferencias estadísticamente significativas. Esto difiere de los hallazgos de Sfondrini y colaboradores en el año 2010,<sup>10</sup> quienes obtuvieron como resultado que los tipos de falla presentados se dieron en la interfase cemento-metal y cemento-esmalte, y no hubo ningún tipo de falla en la interfase del material. Esto pudo deberse a que la clasificación del tipo de falla para cada estudio es diferente.

as cementing agents, and the predominant failure occurred in the cementum-band interface. Perhaps this was because they used a different debonding technique, and the thermal aging process was conducted under different conditions to the ones in the present study.

In our study, we found out that the predominant failure type with the resin-modified glass ionomer occurred in the cementum-enamel 2 interphase, with 47%. In 2004, Knox et al<sup>8</sup> reported different results, since the resin-modified glass ionomer (Fujiortho) showed that the most prevalent failure type occurred in the cementum-metal interface. Perhaps this was because they used a different debonding technique, and the thermal aging process was conducted under different conditions to the ones in the present study. On the other hand, this study found out that the most prevalent failure type with zinc phosphate occurred in the cementum-enamel 2 interface (62.5%); similarly, in 2004 Knox et al<sup>8</sup> reported that the failure type found with zinc phosphate occurred in the cementum-enamel interface. Considering that the phosphate zinc used in the present study was of a different brand to that used in the study by Knox et al, it can be said that the similarity in results is explained because zinc phosphate cement does not have adhesive properties to the dental tissue, nor to metals.<sup>12</sup>

Concerning cohesive failure, in this study it occurred in the three cementing materials under evaluation, with no statistically significant differences. This differs from the findings by Sfondrini et al in 2010,<sup>10</sup> who found out that the failure types occurred in the cementum-metal and cementum-enamel interfaces, and there were no failures in the material's interface. This can be explained because failure type classification is different in each study.

El ciclaje térmico es un método *in vitro* utilizado para simular cambios térmicos que se producen en la cavidad oral al comer, beber y respirar.<sup>11</sup> En este estudio se realizó un proceso térmico para simular los cambios del medio oral. Al revisar la literatura, se encontró que, según lo reportado por Lacouture y colaboradores, el método utilizado fue envejecimiento por almacenamiento.<sup>14</sup>

Clinicamente, el tipo de falla que puede ser favorable en los tratamientos de ortodoncia sería el tipo de falla cohesiva, ya que produciría una resistencia suficiente para mantener la banda adherida al diente durante todo el tiempo del tratamiento. Para la conservación del esmalte dental, el tipo de falla conveniente sería la de cemento-metal, debido a que el cemento protegería al tejido dentario de lesiones cariogénicas.

Se debe hacer referencia a la alta validez clínica de la presente investigación, debido a la rigurosidad de la técnica implementada, mediante la cual se realizó ciclaje térmico para simular las condiciones de la cavidad oral; así mismo, la cementación de las bandas fue realizada por un mismo operador previamente entrenado y la descementación efectuada simuló la utilizada clínicamente, en la que la fuerza se aplica en la cara vestibular de la banda, todo lo anterior con el fin de evitar el sesgo del estudio.

## CONCLUSIONES

La resistencia a la descementación de bandas fue semejante en los tres tipos de cementantes, fosfato de zinc, ionómero de vidrio modificado con resina, y resina compuesta modificada con poliácido.

El tipo de falla que más se observó en los tres cementantes de bandas se presentó en la interfase cemento-esmalte.

## CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Thermal cycling is an *in vitro* method for simulating the thermal changes occurring in the oral cavity when eating, drinking, and breathing.<sup>11</sup> This study conducted a thermal process to simulate changes in the oral environment. In reviewing the literature, we found out that, as reported by Lacouture et al, the method they used was aging by storage.<sup>14</sup>

Clinically, the failure type that can be favorable in orthodontic treatments is cohesive failure, since it would produce enough resistance to keep the band attached to the tooth during the entire treatment period. For the conservation of dental enamel, the convenient failure type would be the cementum-metal one, since the cement would protect dental tissue from cariogenic lesions.

It is important to note the high clinical validity of the present study due to the rigor of the implemented technique, performing thermal cycling to simulate the conditions of the oral cavity; similarly, the cementation of bands was performed by a same operator previously trained and the debonding process simulated the one commonly performed in clinical conditions, where the force is applied on the vestibular surface of bands; all this was intended to avoid bias in this study.

## CONCLUSIONS

Resistance to band debonding was similar in all three types of cementing materials, zinc phosphate, resin-modified glass ionomer, and polyacid-modified composite resin.

The most prevalent failure type observed in the three band cementing materials occurred in the cementum-enamel interface.

## CONFLICT OF INTEREST

The authors declare not having any conflict of interest.



**CORRESPONDENCIA**

Humberto José Guzmán B. M.S.D.  
 UniCIEO  
 (+57) 315 387 1090  
 hguzman105@gmail.com  
 Carrera 5A. #118-10  
 Bogotá, Colombia.

Fernando Zárate Cadena  
 Facultad de Odontología, Colegio Odontológico  
 Colombiano  
 (+571) 619 1673, (+57) 300 217 6861  
 ayz97@hotmail.com  
 Calle 105A #14-92, of 409  
 Bogotá, Colombia.

**CORRESPONDING AUTHOR**

Humberto José Guzmán B. M.S.D.  
 UniCIEO  
 (+57) 315 387 1090  
 hguzman105@gmail.com  
 Carrera 5A. #118-10  
 Bogotá, Colombia.

Fernando Zárate Cadena  
 Facultad de Odontología, Colegio Odontológico  
 Colombiano  
 (+571) 619 1673, (+57) 300 217 6861  
 ayz97@hotmail.com  
 Calle 105A #14-92, of 409  
 Bogotá, Colombia.

**REFERENCIAS / REFERENCES**

- Hodges SJ, Gilthorpe MS, Hunt NP. The effect of micro-etching on the retention of orthodontic molar bands: a clinical trial. *Eur J Orthod* 2001; 23(1): 91-97.
- Clark JR, Ireland AJ, Sherriff M. An in vivo and ex vivo study to evaluate the use of a glass polyphosphonate cement in orthodontic banding. *Eur J Orthod* 2003; 25(3): 319-323.
- Millett D, Mandall N, Hickman J, Mattick R, Glenny AM. Adhesives for fixed orthodontic bands. A systematic review. *Angle Orthod* 2009; 79(1): 193-199.
- Toledano M, Osorio R, Osorio E, Aguilera FS, Romeo A, de la Higuera B et al. Sorption and solubility testing of orthodontic bonding cements in different solutions. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2006; 76(2): 251-256.
- Van de Sande FH, Silva AF, Michelon D, Piva E, Cenci MS, Demarco FF. Surface roughness of orthodontic band cements with different compositions. *J Appl Oral Sci* 2011; 19(3): 223-227.
- Aguiar DA, Ritter DE, Rocha R, Locks A, Borgatto AF. Evaluación de las propiedades mecánicas de cinco cementos para cementación de bandas ortodónticas. *Braz Oral Res* 2013; 27(2): 136-141.
- Williams PH, Sherriff M, Ireland AJ. An investigation into the use of two polyacid-modified composite resins (compomers) and a resin-modified glass poly (alkenoate) cement used to retain orthodontic bands. *Eur J Orthod* 2005; 27(3): 245-251.
- Knox J, Chye KY, Durning P. An ex-vivo evaluation of resin-modified glass polyalkenoates and polyacid-modified composite resins as orthodontic band cements. *J Orthod* 2004; 31(4): 323-328.
- Millett DT, Cummings A, Letters S, Roger E, Love J. Resin-modified glass ionomer, modified composite or conventional glass ionomer for band cementation?—an in vitro evaluation. *Eur J Orthod* 2003; 25(6): 609-614.
- Sfondrini MF, Cacciafesta V, Noga E, Scribante A, Klersy C. In vitro bond strength evaluation of four orthodontic cements. *J Adhes Dent* 2010; 12(2): 131-135.
- Caglaroglu M, Sukurica Y, HG Gurel, Keklik H. A comparison of shear bond strengths of six orthodontic cements. *J Orthod* 2014; 2(1): 17-20.
- Guzmán HJ. Biomateriales odontológicos de uso clínico 5 ed. Bogotá: ECOE Ediciones; 2013. p. 51, 92-95.
- Millett DT, Doubleday B, Alatsaris M, Love J, Wood D, Luther F, Devine D. Chlorhexidine-modified glass ionomer for band cementation? An in vitro study. *J Orthod* 2005; 32(1): 36-42.
- Lacouture L, Mendoza J, Rivera R. Efectos del ciclaje térmico en la fuerza y tipo de falla adhesiva en esmalte humano. [Tesis de Posgrado]. [Bogotá]: Universidad Militar Nueva Granada – Fundación Centro de Investigación y Estudios Odontológicos CIEO; 2012. p. 22.