

## REMINERALIZACIÓN BIOMIMÉTICA EN DENTINA Y FUERZA ADHESIVA: SILICATO DE CALCIO MODIFICADO CON RESINA Y FOSFOSILICATO DE CALCIO Y SODIO. *IN VITRO*

### Biomimetic Remineralization in Dentin and Adhesive strength: Resin-Modified Calcium Silicate and Calcium and Sodium Phosphosilicate. In Vitro

Velasco - Masapanta Madelin Daniela<sup>\*1,2</sup>; Vallejo - Vélez Karla Elizabeth<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Universidad Central del Ecuador, 170404 Quito, Ecuador

<sup>2</sup> <https://orcid.org/0009-0000-7120-4674>

<sup>3</sup> <https://orcid.org/0000-0002-6685-3562>

\*[madevelasco29@gmail.com](mailto:mavevelasco29@gmail.com)

## RESUMEN

**Objetivo:** comparar la dureza Vickers de baja fuerza en la dentina y la fuerza de adhesión al usar dos remineralizantes biomiméticos en cavidades código 4 y 5 según ICDAS II, en un estudio *in vitro*. **Materiales y métodos:** la muestra estuvo conformada por 178 órganos dentales, los cuales fueron divididos en tres grupos Grupo A (n=79) tratados con silicato de calcio modificado con resina, Grupo B (n=79) tratados con Fosfosilicato de calcio y sodio, y Grupo control (n=20) restaurados convencionalmente. Además, en cada grupo se subdividió en dos grupos, con el mismo número de órganos dentales para evaluar la dureza Vickers de baja fuerza de la dentina (n=40) y la fuerza de adhesión (n=39), a excepción del control. Todas estas muestras fueron conservadas en Cloramina T al 0,5% para mantener su humedad. Se realizó la prueba de normalidad de datos, y se usó la prueba ANOVA de una vía para la dureza Vickers de baja fuerza, y el test de Kruskal - Wallis para la fuerza de adhesión ( $p<0.05$ ) **Resultados:** la fuerza adhesiva del Fosfosilicato de calcio y sodio es de 116.3166 Pa; mientras que del Silicato de calcio modificado con resina es de 122.1889 Pa. En el Grupo Control se obtuvo 86.1680 Pa. En los resultados de la dureza Vickers de baja fuerza se determinó que, al usar Fosfosilicato de calcio y sodio se obtiene 174.3338 HV (Grupo A); mientras que, al usar Silicato de calcio modificado con resina se obtiene 174.7899 HV (Grupo B), y en el Grupo control fue 19.0023 HV. **Conclusión:** la dureza Vickers de baja fuerza aumenta en las muestras tratadas con remineralizantes biomiméticos en comparación al grupo control, pero estadísticamente no se puede concluir cuál de los dos remineralizantes es mejor que otro. En cuanto a la fuerza de adhesión no hubo diferencia estadísticamente significativa con ninguno de los tres grupos; por lo tanto, no se puede asegurar que el tratamiento aplicado afecte a la adhesión.

**Palabras clave:** Dureza Vickers de baja fuerza, Remineralización, Adhesión, Biomimética.

## ABSTRACT

**Objective:** to compare low-resistance Vickers hardness in dentin and adhesion strength when using two biomimetic remineralizers in code 4 and 5 cavities according to ICDAS II, in an *in vitro* study. **Materials and methods:** the sample consisted of 178 dental organs, which were divided into three groups: Group A (n=79) treated with calcium silicate modified with resin, Group B (n=79) treated with calcium and sodium phosphosilicate and Control group (n=20) conventionally restored. Also, each group was subdivided into two groups, with the same number of dental organs to evaluate the low-resistance Vickers hardness of the dentin (n=40) and the adhesion strength (n=39), except the control. All these samples were preserved in 0.5% Chloramine T to maintain their humidity. The data normality test was performed, and the one-way ANOVA test was used for low-resistance Vickers hardness, and the Kruskal-Wallis test for adhesion strength ( $p<0.05$ ) **Results:** the adhesion strength of the Phosphosilicate of calcium and sodium is 116.3166 Pa; while that of the calcium silicate modified with resin is 122.1889 Pa. In the Control Group, 86.1680 Pa was obtained. In the results of the low force Vickers hardness it was determined that when using sodium calcium phosphosilicate 174.3338 HV was obtained (Group A). In contrast, when using calcium silicate modified with resin, 174.7899 HV was obtained. (Group B), and in the control group had been 19.0023 HV. **Conclusion:** low-resistance Vickers hardness increases in samples treated with biomimetic remineralizers compared to the control group. But statistically, it could not be concluded which of the two remineralizers is better. Regarding, adhesion strength, there was no statistically significant difference with any of the three groups. Therefore, it cannot be assured that the treatment applied affects adhesion.

**Keywords:** Low- resistance Vickers hardness, Remineralization, Adhesion (Bonding), Biomimetic.

## INTRODUCCIÓN

La caries ocurre debido a un desequilibrio de remineralización y desmineralización, lo que lleva a una pérdida neta de minerales dentales que progresa a una cavidad. El tratamiento convencional de la caries mediante perforación y relleno constituye un reemplazo del tejido dañado por un material extraño, tales tratamientos invasivos y restauradores están asociados con la destrucción de tejido dental sano, lo que a menudo conduce a un ciclo de restauraciones cada vez más grandes.<sup>1</sup>

La cavidad oral es un entorno severo para que el enlace resina-diente sobreviva durante un período de tiempo razonable, con cambios termomecánicos, ataques químicos por ácidos y enzimas y otros factores que presentan desafíos diarios de rutina. Por lo tanto, para lograr una unión efectiva y estable, la preservación del colágeno de la dentina es crítica, ya que el colágeno representa el componente orgánico principal de la matriz de la dentina.<sup>2</sup>

La remineralización biomimética imita el proceso de biomineralización natural al reemplazar el agua desmineralizada de la matriz de colágeno con cristalitas de apatita. La dentina afectada por caries se compone de aproximadamente 14-53% de agua en comparación con la dentina sana, que exhibe un valor mucho menor. Por lo tanto, al reemplazar el agua con minerales en la interfaz dentina-resina, esto aumentaría las propiedades mecánicas e inhibiría la hidrólisis relacionada con el agua.<sup>2</sup>

Aquí es donde nace la importancia de esta investigación, en donde se busca encontrar cuál de estos dos remineralizantes biomiméticos ayuda a mejorar la adhesión y la dureza Vickers de baja fuerza de la dentina, para así prolongar la vida del órgano dental y evitar que se realice endodoncias o extracciones; es decir, se haga tratamientos más agresivos.

El presente estudio tuvo como objetivo comparar la resistencia adhesiva y la dureza Vickers de baja fuerza en dentina colocando medicamentos de remineralización biomimética, con la finalidad de ayudarnos a determinar cuál de estos materiales biomiméticos nos ofrecen mejores resultados.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación fue *In Vitro*, y para el cálculo del tamaño muestral se usó un riesgo alfa de 0,05 y un riesgo beta de 0,2 en un contraste bilateral, se precisaron 79 muestras en el grupo A y B y 20 muestras en el grupo control, para detectar una diferencia igual o superior a 3

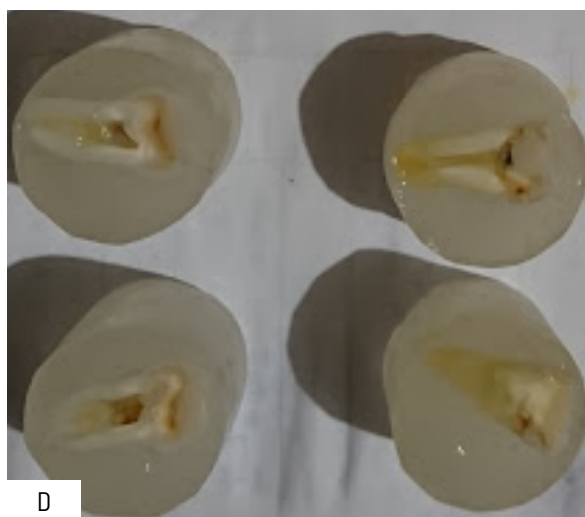
unidades. Se asumió que la desviación estándar común es de 6.69. Se estimó una tasa de seguimiento del 0%. La muestra fue determinada a través de la calculadora de tamaño muestral GRANMO.

La muestra final fue 178 órganos dentales divididos en tres grupos seleccionados de manera aleatoria simple: grupo A con 79 órganos dentales tratados con fosfosilicato de calcio y sodio, grupo B con 79 órganos dentales tratados con silicato de calcio modificado con resina y grupo C de 20 órganos dentales que se realizó restauraciones convencionales.

Cumplieron los siguientes criterios de inclusión tales como, órganos dentarios del sector posterior extraídos con caries en oclusal (código 4 o 5 de acuerdo a los criterios ICDAS), mientras que los criterios de exclusión órganos dentales con caries que abarquen dos o más caras y que tengan diagnóstico de caries (ICDAS códigos 1, 2, 3, 6).

Las muestras fueron conservadas en Cloramina T al 0,5% diluida en agua destilada, posterior a ello se procedió a la confección de las bases de acrílico para las muestras que fueron seleccionadas para las pruebas de tracción, se siguió el protocolo de restauración, en las muestras de tracción se procedió a colocar un gancho, para las de dureza se realizó el corte longitudinal de los órganos dentarios ya restaurados y se procedió a elaborar un cilindro de acrílico (Figura 1) y nuevamente se las conservó en Cloramina T al 0,5% diluida en agua destilada.





**Figura 1.** Órganos dentales recolectados para la prueba de adhesión. A. Muestras conservadas, B. Confección de las bases de acrílico. C. Restauración y colocación del gancho. D. Órganos dentales con el corte longitudinal en cilindros de acrílico

Se utilizó para todos los grupos, la turbina Denshine® 7043890, como procedimiento inicial se abrió la cavi-

dad y se removió la caries con fresas redondas grano medio, de máximo 106 micras (ISO 524 Azul). El tamaño de la parte activa dependió de la extensión de la caries. Luego, se utilizó fresas en forma de pera para la conformación de la cavidad (ISO 524 Azul) grano medio. Clorhexidina al 0,12% por 30 segundos. Se secó la cavidad con una torunda de algodón estéril en todos los grupos.

Protocolo con el grupo A con fosfosilicato de calcio y sodio, con el siguiente procedimiento:

- Después del procedimiento inicial.
- Se colocó ácido ortofosfórico al 37%, diez segundos en esmalte y cinco segundos en dentina.
- Se lavó con agua.
- Se colocó clorhexidina al 0,12% por 30 segundos y se secó.
- Se aplicó el remineralizante fosfosilicato de calcio y sodio (Bioglass).
- En la técnica operatoria se manipuló el cemento realizando una mezcla polvo-líquido relación 1:1 del fosfosilicato de calcio y sodio.<sup>3</sup> Se colocó el cemento en la cavidad con ayuda de un dicalero, evitando formar burbujas de aire. Se esperó 6 minutos hasta que autocure.<sup>3</sup>
- Se utilizó sistema adhesivo de quinta generación con una capa de adhesivo, se aireó, se colocó la segunda capa de adhesivo y se volvió a airear (se frotó 20 segundos en cada capa).
- Se fotopolimerizó por 20 segundos.<sup>4</sup>
- Se utilizó la técnica incremental, con capas de dos milímetros de resina.
- Se fotopolimerizó 20 segundos entre capa y capa, hasta llegar a la superficie donde se terminó con una fotopolimerización por 40 segundos.
- Una vez restaurados, se conservó en cloramina T al 0,5% diluida en agua destilada en un envase con sello hermético.

Protocolo del grupo B con silicato de calcio modificado con resina, a continuación, el procedimiento ejecutado:

- Después del procedimiento inicial.
- Se colocó ácido ortofosfórico al 37%, diez segundos en esmalte y cinco segundos en dentina.
- Se lavó y secó con torunda de algodón estéril.<sup>4</sup>
- Se colocó clorhexidina al 0,12% por 30 segundos para inactivar las metaloproteinasas.
- Se secó la cavidad con una torunda de algodón estéril.

- Se aplicó el remineralizante silicato de calcio modificado con resina (TeraCal-Lc).
- Se aplicó silicato de calcio modificado con resina directo en el fondo de la cavidad. El espesor de la capa no debía ser superior a 1mm. Se trató de que el producto forme una superficie lisa que cubra toda la dentina del techo pulpar.<sup>5</sup>
- Se fotopolimerizó por 20 segundos.<sup>5</sup>
- Se utilizó sistema adhesivo de quinta generación: Se colocó una capa de adhesivo y se aireó. Luego, se colocó la segunda capa de adhesivo y se aireó nuevamente (se frotó 20 segundos en cada capa).
- Se polimerizó por 20 segundos.<sup>4</sup>
- Se utilizó la técnica incremental, con capas de 2 milímetros de resina.
- Se fotopolimerizó por 20 segundos entre capa y capa hasta llegar a la superficie, donde se terminó con una fotopolimerización por 40 segundos.<sup>4</sup>
- Una vez restaurados, se conservó en cloramina T al 0,5%, diluida en agua destilada en un frasco de sellado hermético.

Protocolo del grupo C con silicato de calcio modificado con resina con el siguiente procedimiento:

- Después del procedimiento inicial.
- Se utilizó sistema adhesivo de quinta generación: Se colocó una capa de adhesivo y se aireó. Luego se colocó una segunda capa de adhesivo y se aireó nuevamente (se frotó 20 segundos en cada capa).
- Se fotopolimerizó por 20 segundos.<sup>4</sup>
- Se utilizó la técnica incremental, con capas de dos milímetros de resina.
- Se fotopolimerizó 20 segundos entre capa y capa hasta llegar a la superficie, donde se terminó con una fotopolimerización por 40 segundos.
- Una vez restaurados, se conservó en cloramina T al 0.5% diluida en agua destilada en un envase con sello hermético.

Se procedió a realizar el ensayo de tracción en el Laboratorio de Análisis de Esfuerzos y Vibraciones de la Escuela Politécnica Nacional, usando la Máquina de ensayos universales MTS, marca MTS, modelo T 5002. (Figura 2)



A



B

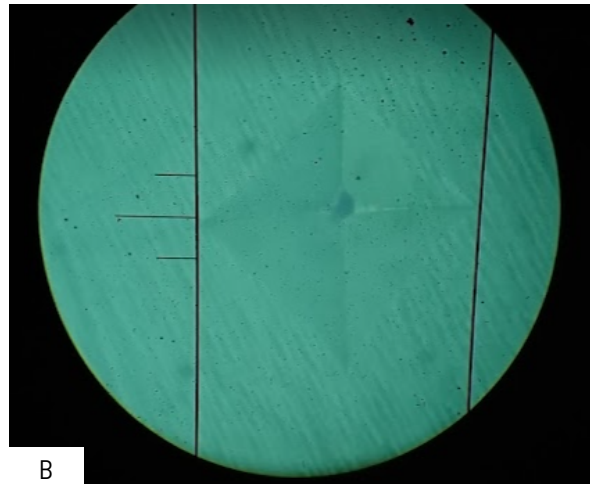


**Figura 2.** Instrumentos para la prueba de tracción. A. Máquina de ensayos universal, B. Montaje de la muestra, C. Muestra después de la prueba

La prueba de dureza fue en el microdurómetro aplicando una fuerza de 1000 gf por 15 segundos. (Figura 3)



A



B

**Figura 3.** Instrumento para la prueba de dureza. A. Microdurómetro, B. Vista a través del microdurómetro.

Los datos fueron ingresados en tablas de Excel, y luego procesados en el programa Statistical Package for the Social Sciences (SPSS). Se realizó la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk, y se utilizó el test de ANOVA de una vía para la dureza Vickers de baja fuerza, y el test de Kruskal - Wallis para la fuerza de adhesión.

## RESULTADOS

El estudio estableció la diferencia de valores de la dureza Vickers de baja fuerza y la resistencia a la adhesión utilizando materiales biomiméticos, frente a las restauraciones realizadas convencionalmente.

Después de haber realizado la prueba de tracción en 88 muestras, las cuales fueron divididas en tres grupos: Grupo control (Grupo C) de 10 muestras y los grupos A y B de 39 cada uno y la prueba de dureza Vickers de baja fuerza en 90 muestras, divididas en tres grupos: Grupo C de 10 muestras y los grupos A y B de 40 muestras cada uno, se estableció la normalidad de los datos.

### Dureza Vickers de baja fuerza.

En el análisis estadístico ANOVA de una vía, nos da que p valor es menor o igual a 0,05; indicando la significancia estadística entre los tratamientos; es decir, que los distintos niveles del factor objeto de estudio han influido de forma significativa sobre la variable dependiente. (Tabla 1)

Realizando un resumen de las tres indentaciones, se obtuvo como resultado lo siguiente: Grupo A: 174.3338HV, Grupo B: 174.7899HV y Grupo C: 149.0023 HV.

Por lo tanto, aumenta la Dureza Vickers de baja fuerza en los Grupos A y B en comparación al Grupo C. Al realizar un análisis de estos resultados podemos afirmar que hay un aumento de Dureza Vickers de baja fuerza en dentina

usando los remineralizantes biomiméticos pero no podemos asegurar cual es mejor que el otro porque sus medias son muy similares.

**Tabla 1.** Comparación de los distintos grupos de restauración y la dureza Vickers

| Grupo | Comparación entre grupos | Diferencia de medias (I-J) | Desv. Error | Sig.   | Intervalo de confianza al 95% |                 |
|-------|--------------------------|----------------------------|-------------|--------|-------------------------------|-----------------|
|       |                          |                            |             |        | Límite inferior               | Límite superior |
| A     | B                        | -,45616                    | 2,22981     | 1,000  | -5,9033                       | 4,9910          |
|       | C                        | 25,33142*                  | 3,45628     | 0,000* | 16,8882                       | 33,7747         |
| B     | A                        | ,45616                     | 2,22981     | 1,000  | -4,9910                       | 5,9033          |
|       | C                        | 25,78758*                  | 3,48419     | 0,000* | 17,2762                       | 34,2990         |
| C     | A                        | -25,33142*                 | 3,45628     | 0,000* | -33,7747                      | -16,8882        |
|       | B                        | -25,78758*                 | 3,48419     | 0,000* | -34,2990                      | -17,2762        |

\* La diferencia de medias es significativa en el nivel 0,05.

## Fuerza adhesiva

Después de analizar las pruebas de normalidad Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk, se determinó que la muestra que estaba designada a medirse la fuerza adhesiva no sigue una distribución normal; por lo tanto, se aplicó una prueba no paramétrica para muestras independientes, la prueba Kruskal-Wallis.

En la prueba de Kruskal-Wallis mostró un valor de  $p=0,199$ , indica que no existe significancia estadística, y que por lo tanto los remineralizantes biomiméticos no afectan a la adhesión. Basándonos en la media de los grupos, se pudo observar un aumento de la fuerza de adhesión en los grupos donde se trataron con remineralizantes biomiméticos en comparación al grupo control. (Tabla 2)

**Tabla 2.** Prueba de Kruskal- Wallis, Fuerza adhesiva.

|        | Grupo | n  | Rango promedio | p     |
|--------|-------|----|----------------|-------|
| Fuerza | A     | 38 | 42,74          | 0,199 |
|        | B     | 38 | 47,39          |       |
|        | C     | 10 | 31,60          |       |

Prueba Kruskal Wallis, \* $p<0.05$

## DISCUSIÓN

Este proyecto de investigación *In vitro*, tuvo como objetivo comparar la dureza Vickers de baja fuerza en la dentina y la fuerza de adhesión, siendo restaurados los órganos dentales con remineralizantes biomiméticos como el fosfosilicato de calcio y sodio, así como también el silicato de calcio modificado con resina, y teniendo un grupo control consistente en órganos dentales restaurados convencionalmente, donde se determinó que la aplicación de remineralizantes biomiméticos aumenta la dureza Vickers de baja fuerza en dentina.

La presente investigación no se puede comparar con otros estudios debido a que ningún artículo ha realizado ensayos de dureza Vickers de baja fuerza y tampoco de microdureza superficial en dentina tratadas con remineralizantes biomiméticos.

En otros artículos investigados, Garchitorena,<sup>6</sup> concuerda con nuestro estudio y habla sobre la generación o reparación del tejido imitando los mecanismos fisiológicos de mineralización, y restaurando las propiedades mecánicas originales del tejido que nos ofrecen los materiales de remineralización biomimética.

Aitziber<sup>7</sup> dice que el menor valor obtenido en la dureza Vickers de la dentina es de 80 HV. Relacionando con nuestros resultados, se observó que son mayores al comparar con la restauración convencional e incrementa más

la dureza en los órganos dentales tratados con remineralizantes Biomiméticos.

Ramirez et al.<sup>8</sup> en su investigación habla de un aumento de la microdureza superficial en dentina remineralizada a diferencia de la dentina desmineralizada, lo que concuerda con nuestro estudio en que aumenta la dureza al usar remineralizantes.

Cedillo et al.<sup>9</sup> dice que la adhesión con cementos bioactivos evita la desmineralización de los sustratos dentales y fomenta la remineralización de los mismos, además de tener una unión química al diente, ayudando así al aumento de las propiedades mecánicas de los dientes.

Jiménez et al.<sup>3</sup> dice que las principales características que tienen los remineralizantes biomiméticos son: biocompatibles, estériles, no solubles ni reabsorbibles, bactericidas, bacteriostáticos, capaces de incitar la formación de dentina reparativa, y de aumentar la adhesión a la dentina y otros materiales de restauración.

Un ensayo realizado por Ferrando<sup>10</sup> coincide con los resultados obtenidos, y nos dice que no hay diferencias estadísticamente significativas en la adhesión usando remineralizantes biomiméticos.

Una de las causas que afecta la medición de la MSD, por medio de la de microdureza de Vickers, es la elaboración de las muestras, ya que cualquier inclinación o superficie irregular producirá una muesca demasiado grande y por tanto un valor menor o alterado.<sup>11</sup>

De tal manera se llega a la conclusión que los órganos dentales expuestos a remineralizantes biomiméticos ayudan a aumentar las características mecánicas del órgano dental. Quizá se podría realizar más estudios para poder observar que pasa a lo largo del tiempo, es decir si conserva su eficacia.

## CONCLUSIÓN

La fuerza adhesiva obtenida es de 122.1889 Pa (122.1889 N) usando silicato de calcio modificado con resina.

La fuerza adhesiva obtenida es de 116.3166 Pa (116.3166 N) usando fosfosilicato de calcio y sodio.

La fuerza adhesiva fue mayor en el grupo donde se utilizó silicato de calcio modificado con resina, pero no existe una diferencia estadísticamente significativa entre ambos remineralizantes biomiméticos.

La dureza vickers de baja fuerza es de 174.3338 HV en el grupo donde se usó fosfosilicato de calcio y sodio.

La dureza vickers de baja fuerza es de 174.7899 HV en el grupo donde se usó silicato de calcio modificado con resina.

Al comparar la dureza Vickers de baja fuerza entre los dos grupos, se observó un ligero aumento de la dureza en el grupo donde se usó silicato de calcio modificado con resina.

**Conflicto de intereses:** Los autores declaran que no hay conflicto de intereses.

**Financiamiento:** El estudio fue autofinanciado

## Referencias Bibliográficas

1. Alkilzy M, Tarabaih A, Santamaria RM, Splieth CH. Self-assembling Peptide P11-4. Fluoride for Regenerating Enamel. *J Dent Res.* 2018;97(2):148-54. Doi: 10.1177/0022034517730531
2. Barbosa-Martins L, de Sousa J, Alves L, Davies R, Puppim-Rontanti R. Biomimetic mineralizing agents recover the micro tensile bond strength of demineralized dentin. *Materials (Basel).* 2018;11(9):1-14. Doi: 10.3390/ma11091733
3. Jiménez-Rosas I. Biomateriales que inducen la remineralización del esmalte dental y dentina. *Rev la Asoc Dent Mex.* 2021;78(4):195-204. Doi: 10.35366/101073
4. Giani A, Cedrés C. Avances en protección pulpar directa con materiales bioactivos. *Actas Odontológicas.* 2017;14(1):4. Doi: 10.22235/ao.v14i1.1397
5. Scribante A, Dermenaki Farahani MR, Marino G, Matera C, Rodriguez Y Baena R, Lanteri V, et al. Biomimetic Effect of Nano-Hydroxyapatite in Demineralized Enamel before Orthodontic Bonding of Brackets and Attachments: Visual, Adhesion Strength, and Hardness in in Vitro Tests. *Biomed Res Int.* 2020;2020. Doi: 10.1155/2020/6747498
6. Garchitorena M. Materiales bioactivos en la remineralización dentinaria. *Odontostomatología.* 2018;18(28):11-9. Disponible en: [http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1688-93392016000200003&lng=es](http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1688-93392016000200003&lng=es).

7. Aitziber I, Santis S, Soto I, Marchant C. Comparación in vitro del cambio de microdureza superficial dentinaria entre dos secuencias de irrigación endodóntica. *Appl Sci Dent*. 2020;1(1):1-8. Doi: 10.22370/asd.2020.1.1.2107
8. Ramírez, B. La validez de la Láserfluorescencia y la dureza de la dentina como pruebas para el diagnóstico del límite cavitario: un estudio exvivo con marcadores de ADN. [Tesis de grado]. Sevilla. Universidad de Sevilla. 2018. Recuperado a partir de: <https://idus.us.es/handle/11441/77517>
9. Cedillo J, Domínguez A, Espinosa R. Materiales Bioactivos en Odontología Restauradora [Internet]. 2021 [citado: 06/04/2023 ];10(3):[aprox. 11 p.]. Disponible en: <https://www.rodyb.com/category/revista/volumen-2021/>
10. Ferrando, A. Evaluación "in vitro" del comportamiento en dentina afectada por caries de un adhesivo bioactivo/biomimético experimental frente a diversos sistemas comerciales. [Tesis doctoral]. Valencia. Universidad de Valencia. 2020. Recuperado a partir de: <https://hdl.handle.net/10550/75484>
11. Manz A, Attin T, Sener B, Sahrman P. Dentin tubule obturation of a bioglass-based dentin desensitizer under repeated exposure to lactic acid and brushing. *BMC Oral Health*. 2019;19(1):1-9. Doi: 10.1186/s12903-019-0962-7

**Recibido:** 08 mayo 2023

**Aceptado:** 29 noviembre 2023