



# Efecto en la microdureza de resinas compuestas aplicando un recubrimiento de nanopartículas de plata inmersas en un adhesivo hidrofílico<sup>+</sup>

Alejandra Itzel López Flores,\* Andrea González Flores,\* Rogelio José Scougall Vilchis,\* Víctor Hugo Toral Rizo,\* Daniel Jiménez Iniesta\*

\* Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Odontología «Dr. Keisaburo Miyata», Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, Estado de México.

## RESUMEN

La nanotecnología está dirigida a la fabricación de partículas con propiedades únicas; en las resinas compuestas se mejoran las propiedades mecánicas, se amplía la vida útil y aumentan sus propiedades antibacterianas. **Objetivo:** Conocer el efecto que tienen las nanopartículas de Ag en la microdureza Vickers de las resinas compuestas. **Hipótesis:** las nanopartículas de plata inmersas en un adhesivo hidrofílico producen mayor microdureza Vickers en las resinas compuestas. **Material y métodos:** Se realizó un total de 15 bloques de resina compuesta en moldes cúbicos, cinco fabricados con resina compuesta *per se* (G1), cinco fabricados de resina compuesta aplicando un recubrimiento de un agente adhesivo hidrofílico (GII), cinco fabricados de resina compuesta con un recubrimiento de (NPs Ag) inmersas en un agente adhesivo hidrofílico (GIII). En cada grupo se analizaron 50 indentaciones. El análisis estadístico se realizó utilizando la prueba ANOVA de un factor con significancia predeterminada con un valor de  $p \leq 0.05$ . Además, se evaluó el cambio de color de los bloques de resina compuesta. **Resultados:** El valor de microdureza Vickers en el GIII (recubrimiento con NPs Ag inmersas en un agente adhesivo hidrofílico) fue significativamente superior comparado con los demás grupos. Sin embargo, se observó la presencia de pigmentaciones de color blanco sobre los bloques donde fue aplicado el recubrimiento de (NPs Ag). **Conclusiones:** Agregar un recubrimiento de (NPs Ag) inmersas en un adhesivo hidrofílico aumenta significativamente la microdureza Vickers; como efecto adverso produce cambios de color en la superficie donde fue aplicado.

**Palabras clave:** Nanopartículas de plata, microdureza, resinas compuestas, color.

## INTRODUCCIÓN

La nanotecnología se puede definir como «el estudio de los materiales o estructuras muy pequeños». El prefijo «nano» proviene del griego *nanos* y significa «enano». La palabra «nanociencia» se emplea para referirse al estudio de los fenómenos y al manejo de la materia a escala nanométrica (un nanómetro es la millonésima parte de un milímetro; nano = 0.000001). El término «nanomedicina», descrito y definido por primera vez por Robert A. Freitas Jr. en 1993, lo describe como la observación, el control y el tratamiento de los

sistemas biológicos del cuerpo humano a nivel molecular utilizando nanoestructuras y nanodispositivos.<sup>1</sup>

Por otra parte, la nano-odontología es la aplicación odontológica de la nanotecnología, se puede establecer como propósito el control, rastreo, construcción, reparación, protección y mejoramiento del funcionamiento bucal.<sup>2</sup>

Las nanopartículas han sido introducidas como materiales que mejoran las propiedades de éstos para ser aplicados en áreas biológicas y médicas, ya que son una opción que ha comenzado a tener un rol destacado en la odontología. Se han propuesto para el control de caries, remineralización dental, manejo de la hipersensibilidad dentinaria, manejo del biofilm oral, desinfección de los conductos radiculares, anestesia local y enfermedad periodontal.<sup>1,3</sup>

Existen aplicaciones concretas como las de las nanopartículas de Ag, ya que éstas se utilizan como una alternativa más segura debido a que poseen propiedades de antidesgaste, antifúngicas y antibacterianas, disminuyen o aumentan la resistencia a la flexión de la base de la prótesis acrílica de curado térmico siendo influenciadas por su concentración.<sup>2,4</sup>

Cuando las nanopartículas de Ag están asociadas con materiales dentales como nanocompuestos en

<sup>+</sup> El presente trabajo es resultado de un proyecto de investigación en modalidad de tesis.

Recibido: Febrero 2019. Aceptado: Marzo 2019.

© 2019 Universidad Nacional Autónoma de México, [Facultad de Odontología]. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).



resinas acrílicas, monómeros de resina, adhesivos, medicación intraconducto y recubrimientos para implantes cuentan con una excelente actividad antimicrobiana, además son utilizadas en el tratamiento de cáncer oral debido a sus propiedades antitumorales.<sup>5</sup>

Los sistemas de biomateriales restaurativos con nanorrelleno tienen el potencial de mejorar esta relación entre la estructura dentaria y las partículas de relleno y proporcionan una interfaz más estable y natural entre los tejidos duros mineralizados del diente.<sup>1</sup>

Las resinas compuestas aparecieron con el fin de sustituir a los silicatos y resinas acrílicas. El doctor estadounidense Rafael L. Bowen conocido como «el padre de las resinas compuestas», desarrolló en los años 60 una molécula orgánica polimérica llamada bisfenol A-glicidildimetacrilato (BIS-GMA) y con el agregado de partículas inorgánicas reduce aún más el cambio dimensional aumentando su resistencia.<sup>6,7</sup>

Las resinas compuestas son materiales poliméricos integrados por tres componentes principales. Dos de ellos se basan en la matriz orgánica e inorgánica, y el otro se basa en un agente de acoplamiento para unir la matriz orgánica y el material de relleno.<sup>7</sup>

El agente de acoplamiento podría definirse como una molécula que contiene silano en un extremo formando un enlace iónico con el óxido de silano ( $\text{SiO}_2$ ) y grupos metacrilato en el otro extremo (formando un enlace covalente con la resina).<sup>7</sup>

Es importante conocer nuevas opciones para mejorar las propiedades físicas, mecánicas y estéticas de los materiales dentales. La dureza de los materiales es una propiedad que se puede definir como la resistencia que un material opone a su penetración. Las pruebas de dureza se incluyen en numerosas especificaciones sobre materiales dentales de la *American Dental Association* (ADA). La elección de la prueba depende del material que se estudie. Existen cuatro pruebas estandarizadas para expresar la dureza de los materiales: Brinell, Rockwell, Vickers y Knoop. Las pruebas de dureza de Vickers y Knoop emplean un indentador de diamante específicamente para medir la microdureza de los materiales dentales, la primera indicada en nuestro material de resina compuesta, ya que se utiliza en materiales que prácticamente no poseen ningún tipo de recuperación elástica.<sup>8,9</sup>

La prueba de Vickers utiliza cargas de menos de 9.8 N. Las muescas resultantes son menores y se limitan a una profundidad inferior a 19  $\mu\text{m}$ . El valor de la dureza es la razón de la carga aplicada al área de indentación, dichas cargas son de 5 a 120 kg con incrementos en 5 kg. El método emplea un indentador de diamante en forma de pirámide de base cuadrada con 136° en la punta.<sup>9-12</sup>

Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue conocer el efecto que tienen las nanopartículas de Ag en la microdureza Vickers de las resinas compuestas.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El presente estudio fue de tipo experimental, comparativo, transversal, prospectivo en el cual se evaluó la microdureza Vickers de las resinas compuestas usando un recubrimiento de nanopartículas de plata, nuestros grupos de estudio fueron:

- GI: 5 bloques fueron fabricados con resina compuesta *per se*.
- GII: 5 bloques fueron fabricados con resina compuesta aplicando un recubrimiento de un agente adhesivo hidrofílico.
- GIII: 5 bloques fueron fabricados con resina compuesta con un recubrimiento de (NPs Ag) inmersas en un agente adhesivo hidrofílico.

### Material y equipo

- Moldes cúbicos de teflón 10 mm de diámetro por 1 mm de grosor.
- Adhesivo hidrofílico. Transbond MIP (3M Unitek, Monrovia, Calif., EUA).
- Resina compuesta de última generación. Tetric N-Ceram, Color A2 (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein, Schaan).
- Microbrush.
- Pipetas de 10 mL.
- Tubos de diluciones.
- Lámpara para fotopolimerizar resinas (3M ESPE, Elipar LED, St. Paul, MN, EUA).
- Espátula de teflón para resinas, pinzas porta brackets, explorador.
- Nanopartículas de plata (NPs Ag). Sustancia química en estado líquido con un tamaño de nanopartícula de 5-30 nm y la concentración es de 0.009 g/L. Información de las nanopartículas para el proceso de síntesis: de acuerdo al expediente MX/a/2012/008276, con una concentración de 0.063 g/L  $\pm$  0.009 g, y un tamaño promedio de 5 nm, según lo registrado en el Instituto Mexicano de Propiedad Intelectual (IMPI).
- Microdurómetro modelo SXHV-1000TA (Sinowen; DongGuan, China).
- Microscopio incorporado al instrumento.

Se realizaron 15 bloques de resina compuesta [Tetric N-Ceram, color A2 (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein, Schaan)] en un molde de teflón que cuenta con

medias estandarizadas de 10 mm de diámetro por 1 mm de grosor, sobre la superficie se colocó una lámina cubreobjetos para generar la superficie lisa, evitando el pulido de éstas. Posteriormente se utilizó la lámpara (3M ESPE, Elipar LED, St. Paul, MN, EUA) y se fotopolimerizó durante 20 segundos a temperatura ambiente. Una vez realizados todos los bloques fueron clasificados. Para GII se aplicó el recubrimiento de adhesivo hidrofílico (Transbond MIP (3M Unitek, Monrovia, Calif., EUA) sobre los bloques de resina compuesta con ayuda del microbrush y se fotopolimerizó durante 20 segundos a temperatura ambiente. Para la obtención de las muestras de GIII se utilizó una pipeta con tubo de diluciones, se colocaron en un contenedor especial en proporciones iguales las nanopartículas de Ag sintetizadas químicamente con el adhesivo hidrofílico (Transbond MIP (3M Unitek, Monrovia, Calif., EUA) durante 40 segundos a temperatura ambiente, formando una nanosolución aplicada a los agentes de enlace, garantizando la homogeneidad de éstos; con ayuda del microbrush se colocó dicho recubrimiento sobre los bloques de resina compuesta, fotopolimerizando durante 20 segundos (Figura 1).

En cada grupo se evaluó un total de 50 indentaciones para medir la microdureza. Además, se evaluó el cambio de color de los cinco bloques fabricados de resina compuesta con un recubrimiento de nanopartículas de Ag inmersas en un agente adhesivo hidrofílico en comparación con los cinco bloques de resina compuesta aplicando un recubrimiento de un agente adhesivo hidrofílico.

## RESULTADOS

En la *Tabla 1* se muestran los valores promedio y desviaciones estándar para cada grupo, así como los valores máximos y mínimos respectivamente. A continuación se realizaron las comparaciones de los promedios de los tres grupos de muestras. Las muestras de resinas compuestas *per se* evaluadas en el GI mostraron un valor promedio de dureza de 51.81 NDV mayor que el valor obtenido con las muestras de

resina compuesta aplicando un recubrimiento de un agente adhesivo hidrofílico (GII) de 48.51 NDV.

Las muestras de resina compuesta con un recubrimiento de nanopartículas de Ag inmersas en un agente adhesivo hidrofílico, evaluadas en el grupo experimental (GIII), mostraron un valor promedio de dureza de 54.58 NDV, el cual fue significativamente mayor que el valor logrado en el GII, donde las muestras de resina compuesta fueron tratadas con el recubrimiento de adhesivo hidrofílico sin nanorrelleno (GII).

Las muestras de resinas compuestas *per se* (GI) mostraron una dureza menor que las muestras de resina compuesta recubiertas con nanopartículas de Ag inmersas en un agente adhesivo hidrofílico (GIII), aunque dichos valores no presentaron diferencias estadísticas significativas.

En el análisis bivariado los resultados se sometieron a la prueba de ANOVA de un factor con significancia predeterminada a  $p \leq 0.05$ . Los bloques de resina compuesta con un recubrimiento de nanopartículas de Ag inmersas en un agente adhesivo hidrofílico mostraron mayores valores de dureza superficial que los bloques de resina compuesta con un recubrimiento de un agente adhesivo hidrofílico, siendo estadísticamente significativo ( $p \leq 0.05$ ).

Respecto al análisis cualitativo para evaluar el cambio de color, éste mostró la presencia de pigmentaciones de color blanco sobre los bloques de resina compuesta, en los cuales fue aplicado un recubrimiento de nanopartículas de Ag inmersas en un adhesivo hidrofílico con respecto al grupo II, en el cual sólo se colocó un recubrimiento de un adhesivo hidrofílico y no hubo diferencia de color considerable.

## DISCUSIÓN

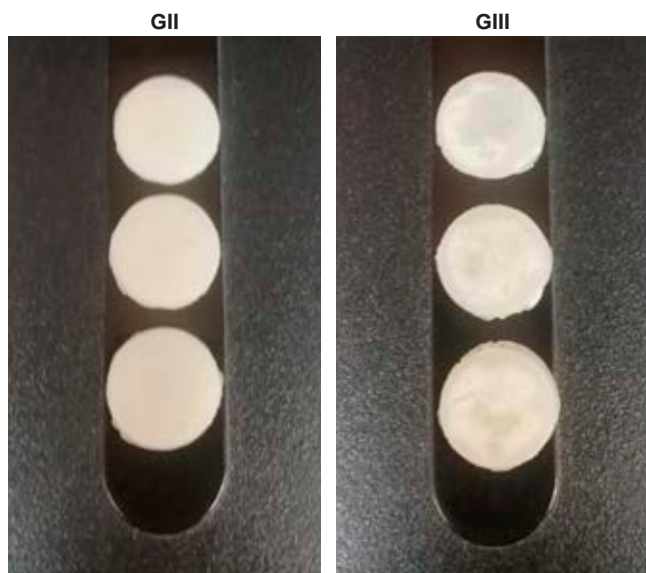
El campo de la nanotecnología es muy diverso, ya que incluye aplicaciones en el desarrollo de nuevos dispositivos y materiales. La nanobiotecnología surgió cuando la biotecnología y la nanotecnología se combinaron. La búsqueda continua de biomateriales ha llevado a los científicos a participar en la fabricación de nuevos materiales dentales. Las nanosoluciones pueden proporcionar partículas basadas en nanotecnología que pueden ser añadidas a diferentes materiales, disolventes y polímeros que se dispersan homogéneamente (que es una de las acciones principales que se realizaron en esta investigación). De esta forma, la nanotecnología aplicada a los agentes de enlace garantiza la homogeneidad y el adhesivo se puede mezclar perfectamente.<sup>1</sup>

El enfoque de este estudio fue en resinas compuestas (material utilizado en odontología restaurado-

**Tabla 1:** Valores obtenidos en los diferentes grupos.

*Values for the different study groups.*

Grupo	Media	Desviación estándar	Valores máximos	Valores mínimos
GI	51.8118	6.807811447	66.00	39.02
GII	48.5136	12.88488274	105.80	28.75
GIII	54.5898	10.56108828	81.67	36.51



**Figura 1:** Se muestran los bloques de resina compuesta con un recubrimiento de un adhesivo hidrofílico del lado izquierdo y los bloques de resina compuesta con el recubrimiento de nanopartículas de Ag inmersas en un adhesivo hidrofílico del lado derecho.

*Composite resin blocks are shown with a coating of a hydrophilic adhesive on the left side (group II) and a coating of Ag NPs immersed in a hydrophilic adhesive on the right side (group III).*

ra) y la evaluación de la microdureza de este mismo. Este estudio tuvo como objetivo conocer el efecto que tienen las nanopartículas de Ag en la microdureza Vickers de las resinas compuestas. Se aplicaron en todas las muestras de los grupos, el terminado de la superficie por medio de una lámina cubreobjetos y la lámpara para fotopolimerizar la resina compuesta *per se* para así obtener una uniformidad en los bloques realizados, y tener una medición más confiable.

Estos resultados fueron corroborados por Park y colaboradores,<sup>13</sup> quienes también verificaron la influencia del pulido en la dureza de una resina compuesta, y encontraron que se puede obtener una superficie lisa utilizando tiras de celuloide de igual manera. Por otro lado, el pulido puede proporcionar una superficie más resistente a la deformación. Cabe destacar que en este estudio ninguna muestra fue pulida como tal, sólo el terminado de la superficie fue por medio de una lámina cubreobjetos para crear una superficie lisa.

En esta investigación se buscó evaluar si la microdureza de las resinas compuestas se incrementa al añadir nanopartículas de Ag sobre su superficie, siendo el resultado positivo. No existen estudios similares que evalúen la eficacia de las nanopartículas de Ag

sobre las propiedades físicas de algunos materiales, específicamente de la microdureza en resinas compuestas; sin embargo, sí existen investigaciones sobre la actividad antimicrobiana de la plata en comparación con otros metales.

## CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados promedio de los valores de microdureza en los grupos analizados en este estudio se muestra que:

- En el GIII el valor promedio fue superior a los valores logrados en los grupos I y II, lo cual indica que la agregación de nanopartículas de plata en un recubrimiento para resinas compuesta incrementa de manera positiva la microdureza de este material.
- Asimismo se mostró que el recubrimiento con adhesivo sin nanorrelleno como se evaluó en el GII, disminuye la dureza cuando se compara con los valores del grupo control como lo fue el GI.
- Como efecto adverso, se observó un cambio de color en los bloques del grupo III, debido a la incorporación de las nanopartículas de plata.

## SUGERENCIAS

Se sugiere realizar un estudio futuro en cuanto al análisis de color debido a que al agregar un recubrimiento de un adhesivo hidrofílico con nanopartículas de Ag inmersas en éste, se observó un cambio de color en la superficie donde fue colocado, dando una apariencia de color blanco sobre los bloques de resina. Por esta misma razón se podría indicar más adelante el uso de esta resina compuesta con un recubrimiento de nanopartículas de Ag inmersas en un adhesivo hidrofílico en dientes posteriores y en caras palatinas de dientes anteriores, puesto que en dichas obturaciones se requiere mayor dureza debido a la intensa fuerza de la masticación, mientras que no son tan relevantes las implicaciones estéticas.

Original research

## Effect on the microhardness of composite resins of the application of a coating of silver nanoparticles immersed in a hydrophilic adhesive<sup>+</sup>

<sup>+</sup> This work is the result of a research project for a thesis.



Alejandra Itzel López Flores,\*  
 Andrea González Flores,\*  
 Rogelio José Scougall Vilchis,\*  
 Víctor Hugo Toral Rizo,\* Daniel Jiménez Iniesta\*

\* «Dr. Keisaburo Miyata» Center of Research and Advanced Studies on Dentistry, Faculty of Dentistry, Autonomous University of the State of Mexico.

## ABSTRACT

Nanotechnology is aimed at the manufacture of particles with unique properties. In composite resins this technology improves mechanical properties, extends service life and increases antibacterial properties. **Objective:** To know the effect that silver nanoparticles (Ag NPs) have on Vickers microhardness (VHN) of composite resins. Hypothesis: a coating of silver nanoparticles immersed in a hydrophilic adhesive produces greater VHN in composite resins. **Material and methods:** A total of 15 blocks of composite resin were made in cubic molds. Five were manufactured with composite resin alone (group I), five with composite resin plus a coating of a hydrophilic adhesive agent (group II), and five with composite resin plus a coating of Ag NPs immersed in a hydrophilic adhesive agent (group III). Fifty indentations were analyzed in each group. Statistical analysis was performed using one-factor ANOVA test with a  $p \leq 0.05$  significance. In addition, color change of the composite resin blocks was evaluated. **Results:** VHN in group III was significantly higher compared with that in the other groups; however, white pigmentations were observed on the blocks where the Ag NPs coating was applied. **Conclusions:** Adding a coating of Ag NPs immersed in a hydrophilic adhesive increases significantly the VHN, but as an adverse effect this procedure causes color changes on the surface of application.

**Keywords:** Silver nanoparticles, microhardness, composite resins, color change.

## INTRODUCTION

Nanotechnology can be defined as «the study of very small materials or structures». The prefix «nano» comes from the Greek nanos and means «dwarf». The word nanoscience is used to refer to the study of phenomena and the management of matter on a nanoscale (one nanometer is one millionth of one millimeter; nano = 0.000001). The term nanomedicine, first described and defined by Robert A. Freitas Jr. in 1993, relates to the observation, control and treatment of the biological systems of the human body at the molecular level using nanostructures and nanodevices.<sup>1</sup>

Nano-odontology is the dental application of nanotechnology. Its goal could be described as the control, tracking, construction, repair, protection, and improvement of oral functioning.<sup>2</sup>

Nanoparticles enhance the properties of materials that are used in biological and medical areas. In dentistry they have been proposed for use in cavity control, dental remineralization, dentin hypersensitivity management,

oral biofilm management, root canal disinfection, local anesthesia, and periodontal disease.<sup>1,3</sup>

There are specific applications such as those for silver nanoparticles (Ag NPs), which have anti-wear, antifungal, and antibacterial properties. Ag NPs also decrease or increase the bending resistance of the base of heat-cure acrylic prosthesis, depending on the concentration of the nanoparticles.<sup>2,4</sup>

Ag NPs have excellent antimicrobial activity when associated with dental materials such as nanocomposites in acrylic resins, resin monomers, adhesives, intracanal medication, and implant coatings. In addition, Ag NPs are used in the treatment of oral cancer due to their anti-tumor properties.<sup>5</sup>

Nanofilled composite restorative materials have the potential to improve the relationship between tooth structure and filler particles and provide a more stable and natural interface between the tooth's mineralized and hard tissues.<sup>1</sup>

Composite resins were created to replace silicates and acrylic resins. Dr. Rafael L. Bowen, known as «The father of composite resins», developed in the 1960s an organic polymeric molecule called Bisphenol A-Glycidyl methacrylate (Bis-GMA), and by addition of inorganic particles dimensional change was further reduced and resistance was increased.<sup>6,7</sup>

Composite resins are polymeric materials consisting of three main components. Two of them are based on the organic and inorganic matrix, and the other is based on a coupling agent to bind the organic matrix and the filler material.<sup>7</sup>

The coupling agent could be defined as a molecule containing silane at one end forming an ion bond with silane oxide ( $\text{SiO}_2$ ) and methacrylate groups at the other end (forming a covalent bond with the resin).<sup>7</sup>

It is important to know about new options to improve the physical, mechanical and aesthetic properties of dental materials. Material hardness is a property that can be defined as resistance that a material opposes to its penetration. Hardness tests are included in numerous dental materials specifications from the American Dental Association (ADA). The choice of the test depends on the material being studied. There are four standardized tests for determining material hardness: Brinell, Rockwell, Vickers, and Knoop tests. Vickers and Knoop hardness tests employ a diamond indenter specifically to measure the microhardness of dental materials. This property is the first needed in composite resins since they are used in materials that have virtually no elastic recovery.<sup>8,9</sup>

The Vickers microhardness (VHN) test uses loads of less than 9.8 N. The resulting notches are smaller and are limited to a depth of less than 19  $\mu\text{m}$ . The hardness value is the ratio of the load applied to the

indentation area; these loads are of 5 to 120 kg with 5-kg increments. The method employs a diamond indenter in the form of a square-based pyramid with a 136 degrees angle between opposite faces.<sup>9-12</sup>

The goal of this study was to determine the effect of Ag NPs on the microhardness of composite resins assessed by VHN test.

## MATERIAL AND METHODS

This study had a experimental, comparative, cross-sectional, prospective design. The VHN of composite resins was evaluated using a silver nanoparticle coating; the study groups were formed as follows:

- Group I: 5 blocks were manufactured with composite resin alone.
- Group II: 5 blocks were manufactured with composite resin plus a coating of a hydrophilic adhesive agent.
- Group III: 5 blocks were manufactured with composite resin plus a coating of Ag NPs immersed in a hydrophilic adhesive agent.

### Materials and equipment

- Teflon cubic molds 10 mm diameter by 1 mm thick.
- Hydrophilic adhesive. Transbond MIP (3M Unitek, Monrovia, Calif., USA).
- Latest generation composite resin. Tetric N-Ceram, A2 Color (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein, Schaan).
- Microbrush.
- Pipettes, 10 mL.
- Dilution tubes.
- Lamp for photopolymerization of dental resins (3M ESPE, Elipar LED, St. Paul, MN, USA).
- Teflon spatula for resins, bracket holder tweezers, explorer.
- Silver nanoparticles (Ag NPs). Chemical substance in liquid state with nanoparticle size 5-30  $\mu\text{m}$  and concentration 0.009 g/L. The nanoparticles were synthesized with a concentration of 0.063 g/L  $\pm$  0.009 g and an average size of 5  $\mu\text{m}$ , according to the dossier MX/a/2012/008276, as registered with the Mexican Institute of Intellectual Property (IMPI).
- Microdurometer model SXHV-1000TA (Sinowen, DongGuan, China).
- Microscope built into the instrument.

Fifteen blocks of composite resin ([Tetric N-Ceram, A2 Color (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein, Schaan)]) were made in a teflon mold 10 mm diameter by 1 mm thick. On the surface was placed a cover glass to obtain

a smooth but unpolished surface. Next, the lamp (3M ESPE, Elipar LED, St. Paul, MN, USA) was used and photopolymerization was performed for 20 seconds at room temperature. Once all the blocks were finished, they were classified into three groups. Group I consisted of five blocks of composite resin alone. For group II, a hydrophilic adhesive coating (Transbond MIP (3M Unitek, Monrovia, Calif., USA) was applied to five composite resin blocks and photopolymerization was performed for 20 seconds at room temperature. For the group III blocks a pipette with a dilution tube was used. The Ag NPs and the hydrophilic adhesive were mixed homogeneously in equal proportions in a special container for 40 seconds at room temperature. The coating solution was applied to the composite resin blocks, and photopolymerization was done for 20 seconds (Figure 1).

A total of 50 indentations were evaluated in each group to measure microhardness. In addition, the color change of the five blocks made of composite resin with a coating of Ag NPs immersed in a hydrophilic adhesive agent was compared with that of the five blocks of composite resin coated with the hydrophilic adhesive agent alone.

## RESULTS

The mean values and standard deviations as well as the maximum and minimum values for each study group are displayed in Table 1. The samples of composite resin alone, evaluated in group I, showed a mean hardness value of 51.81 VHN, greater than the value of 48.51 VHN obtained in group II with the composite resin samples coated with a hydrophilic adhesive agent. The samples of composite resin coated with Ag NPs immersed in a hydrophilic adhesive agent, evaluated in group III, showed a mean hardness value of 54.58 VHN, which was significantly higher than the value found in group II. The samples of group I showed a lower hardness than the samples of group III; however, this difference was not statistically significant.

In the bivariate analysis, the results were tested by ANOVA with a  $p \leq 0.05$  significance. The samples of group III showed statistically significant ( $p \leq 0.05$ ) higher surface hardness values compared with the values found in group II.

Regarding color change, white pigmentations were observed on the samples in group III, while the samples of group II showed no considerable color difference.

## DISCUSSION

Nanotechnology has been applied to the development of new devices and materials. Nanobiotechnology is the combination of biotechnology and nanotechnology. The

continuous search for biomaterials has led scientists to participate in the manufacture of new dental materials. Nanoparticles dissolved in solutions can be added to different materials, solvents and polymers and are homogeneously dispersed (which was one of the main actions performed in this research). Thus, the nanotechnology applied to the bonding agents guarantees homogeneity and the adhesive can be mixed perfectly.<sup>1</sup>

The focus of this study was on composite resin, a material used in restorative dentistry, and the evaluation of its microhardness. We aimed to determine the microhardness effect of Ag NPs combined with hydrophilic adhesive as coating of a composite resin in comparison with the use of composite resin alone and with a coating of only hydrophilic adhesive. To that purpose we used the VHN test. Also, in order to obtain uniformity in the blocks and have a more reliable measurement, the surface finish was done using a cover glass and photopolymerization of the composite resin was carried out.

Our results agreed with those by Park et al.,<sup>13</sup> who also observed the influence of polishing on the hardness of a composite resin and found that a smooth surface can be obtained using celluloid strips. On the other hand, polishing can provide a more deformation-resistant surface. It should be noted that in this study no sample was polished, only the surface finish was done using a cover glass to create a smooth surface.

This research sought to determine whether the microhardness of composite resin is increased by adding a coating of Ag NPs, and our results were positive. There are no similar studies evaluating the effectiveness of Ag NPs on the physical properties of some materials, specifically microhardness in composite resins; however, there is research on the antimicrobial activity of silver compared with other metals.

## CONCLUSIONS

On the basis of the mean microhardness values found in the groups analyzed in this study, it is shown that:

- In group III the mean microhardness value was higher than the values obtained in groups I and II, indicating that the addition of Ag NPs in a composite resin coating positively increases the microhardness of this material.
- The coating with hydrophilic adhesive only (group II) showed a lower mean microhardness value in comparison with the mean value in the control group (group I).
- As an adverse effect, a color change was observed on the samples of group III due to the addition of the Ag NPs.

## Suggestions

We suggest that a future study regarding color analysis should be carried out because of the color change (white pigmentations) observed on the surface of composite resin blocks coated with Ag NPs immersed in hydrophilic adhesive. For this same reason and in view of its hardness this coating in composite resin could be indicated for obturation on posterior teeth and on the palatine faces of anterior teeth that require more hardness due to intense chewing forces, while esthetic implications are not as relevant.

## REFERENCIAS / REFERENCES

1. Grumezescu A. Nanobiomaterials in dentistry: applications of nanobiomaterials. 6th edition. Rumania: Elsevier; 2016. pp. 1-11, 107-114, 135-143, 223, 311-315, 390, 432-434, 446.
2. Martínez HR, Abdala HM, Treviño E, Garza G, Pozas A, Rivera G. Aplicación de la nanotecnología en odontología: Nano-odontología. *Rev CES Odont.* 2011; 24 (2): 87-91.
3. Mohamed-Hamouda I. Current perspectives of nanoparticles in medical and dental biomaterials. *J Biomed Res.* 2012; 26 (3): 143-151.
4. Alla RK, Swamy KR, Vyas R, Konakanchi A, Guduri V, Gadde P. Influence of Silver nanoparticles incorporation on flexural strength of heat-cure acrylic denture base resin materials. *Annual Research & Review in Biology.* 2017; 17 (4): 1-8.
5. Noronha VT, Paula AJ, Durán G, Galembeck A, Cogo-Müller K, Franz-Montan M et al. Silver nanoparticles in dentistry. *Dent Mater.* 2017; 33 (10): 1110-1126.
6. Cova JL. *Biomateriales dentales*. 2a edición. Caracas, Venezuela: Amolca; 2009. pp. 245-278.
7. Barceló-Santana FH, Calero JM. Materiales dentales concimientos básicos aplicados. México, Argentina, España, Colombia, Puerto Rico, Venezuela: Trillas; 2008. pp. 105-120.
8. Reis A, Loguercio AD. *Materiales dentales directos de los fundamentos a la aplicación clínica*. Sao Paulo, Brasil: Gen Editorial Nacional, Santos Editora; 2012. pp. 137-216.
9. Kenneth J. Anusavice. *Phillips Ciencia de los materiales dentales*. 11° edición. Málaga, España; Elsevier Saunders; 2004. pp. 77-99, 381-389.
10. Gnjata S. Addition to the methodology of research into permanent teeth hardness. *Arch Biol Sci.* 2010; 62 (3): 739-746.
11. Seow WK, Amaratunge A. The effects of acid-etching on enamel from different clinical variants of amelogenesis imperfecta: an SEM study. *Pediatr Dent.* 1998; 20 (1): 37-42.
12. Chuenarrom C, Benjakul P, Daosodsai P. Effect of indentation load and time on knoop and vickers microhardness tests for enamel and dentin. *Materials Research.* 2009; 12 (4): 473-476.
13. Park SH, Krejci I, Lutz F. Hardness of celluloid strip-finished or polished composite surfaces with time. *J Prosthet Dent.* 2000; 83 (6): 660-663.

Dirección para correspondencia /

Mailing address:

**Rogelio José Scougall Vilchis**

E-mail: rscougallv@uaemex.mx

rogelio\_scougall@hotmail.com