

---

# COMPARACIÓN DE LA CONDUCTANCIA HIDRÁULICA DENTINARIA, DE ACUERDO AL TIEMPO DE APLICACIÓN DE DESENSIBILIZANTES CON BASE DE OXALATOS<sup>1</sup>

## COMPARISON OF DENTINAL HYDRAULIC CONDUCTANCE ACCORDING TO THE APPLICATION TIME OF OXALATE-BASED DESENSITIZERS<sup>1</sup>

MARÍA DE LOS ÁNGELES ROMERO<sup>2</sup>, CRISTIAN BERSEZIO<sup>3</sup>, PATRICIO VILDÓSOLA<sup>4</sup>, CLAUDIA LETELIER<sup>5</sup>,

OSMIL BATISTA OLIVEIRA JR.<sup>6</sup>, JAVIER MARTÍN<sup>7</sup>, EDUARDO FERNÁNDEZ<sup>7</sup>

**RESUMEN. Introducción:** se utilizó un modelo in vitro, para medir la conductancia hidráulica en discos de dentina humana, tratados con ácido oxálico por 15, 30 o 60 s y la mantención del efecto oclusivo, medido a los 7 y 14 días post aplicación. **Métodos:** 45 discos dentinarios de 1mm de grosor fueron obtenidos de terceros molares humanos libres de caries, en inclusión, de pacientes entre 16 a 30 años de edad. Los discos fueron divididos en tres grupos de estudio (n = 15), dependiendo del tiempo de aplicación de una solución comercial de desensibilizante dentinario (DD) a base de oxalato (BisBlock®), que contiene < 5% ácido oxálico pH 1,5-1,8: grupo A aplicación del agente por 15 s, grupo B aplicación por 30 s y grupo C por 60 s. La conductancia hidráulica de cada disco fue calculada posterior al grabado ácido, lo que corresponde a la máxima permeabilidad de dicho disco (100%), inmediatamente tras la aplicación del ácido oxálico y tras siete y 14 días de mantención en suero fisiológico. El análisis estadístico se hizo mediante test de ANOVA y post hoc de Games-Howell. **Resultados:** 35,46 ± 23,41% para el grupo A, 36,34 ± 15,88% para el grupo B y 24,99 ± 14,99% para el grupo C, por lo que la utilización de DD por 15, 30 ó 60 s generó una disminución en la permeabilidad que fue estadísticamente significativa (p < 0,05). **Conclusiones:** el DD fue eficaz en reducir la conductancia hidráulica independiente del tiempo de aplicación, siendo esta reducción sólo temporal, ya que tras siete días la permeabilidad retorna a valores cercanos a los iniciales.

**Palabras clave:** dentina, conductancia, difusión, ácido oxálico, permeabilidad, oclusión dentinaria tubular.

Romero MA, Bersezio C, Vildósola P, Letelier C, Oliveira Jr OB, Martín J et al. Comparación de la conductancia hidráulica dentinaria, de acuerdo al tiempo de aplicación de desensibilizantes con base de oxalatos. Rev Fac Odontol Univ Antioq 2015; 26(2): 336-357.

---

**ABSTRACT. Introduction:** an in vitro model was used to measure the hydraulic conductance in human dentin discs treated with oxalic acid for 15, 30 or 60 s maintaining the occlusive effect and measuring 7 and 14 days after application. **Methods:** 45 dentin discs measuring 1 mm thick were obtained from human third molars which were free of caries and in no occlusion; the samples were obtained from patients aged 16 to 30 years. Discs were sorted out into three study groups (n = 15) depending on the time of application of a commercial solution of oxalate-based dentin desensitizer (DD) (BisBlock®) which contains < 5% oxalic acid of 1.5-1.8 pH: in group A the agent was applied for 15 s, in group B it was applied for 30 s, and in group C for 60 s. The hydraulic conductance of each disc was calculated after acid etching, which corresponds to the maximum permeability of discs (100%) after immediate application of oxalic acid, as well as seven and fourteen days of storage in saline solution. The statistical analysis was done with ANOVA test and post-hoc Games-Howell test. **Results:** 35,46 ± 23.41% in Group A, 36.34 ± 15.88% in Group B and 24.99 ± 14.99% in Group C, showing that the use of DD for 15, 30 or 60 s decreased permeability in a statistically significant manner (p < 0.05). **Conclusions:** DD was effective in reducing hydraulic conductance regardless of application time, but this reduction was temporary only, since after seven days permeability returns to values close to those of baseline.

**Key words:** dentin, conductance, diffusion, oxalic acid, permeability, dentin tubule occlusion.

Romero MA, Bersezio C, Vildósola P, Letelier C, Oliveira Jr OB, Martín J et al. Comparison of dentinal hydraulic conductance according to the application time of oxalate-based desensitizers. Rev Fac Odontol Univ Antioq 2015; 26(2): 336-357.

- 
- 1 Estudio adscrito a PRI-ODO 0304/2012 UCHILE. Este estudio fue parcialmente financiado por un Grant de Colgate-Palmolive-Chile, los autores expresan no tener ningún conflicto de intereses.
  - 2 Cirujano Dentista, Universidad de Chile.
  - 3 Académico, Departamento Odontología Restauradora, Universidad de Chile.
  - 4 Profesor asistente, Departamento Odontología Restauradora, Universidad de Chile.
  - 5 Profesora asistente, Departamento Odontología Restauradora, Universidad de Chile.
  - 6 Profesor Livre Docencia, Departamento de Odontología Restauradora, Disciplina de Dentística, Universidad Estadual Paulista, São Paulo, Brasil.
  - 7 Profesores asistentes, Departamento Odontología Restauradora, Universidad de Chile.

- 
- 1 This study was conducted within PRI-ODO 0304/2012 UCHILE. This research project was partially funded by a Colgate-Palmolive-Chile Grant; the authors report not having any conflicts of interest.
  - 2 Dental Surgeon, Universidad de Chile.
  - 3 Scholar, Department of Restorative Dentistry, Universidad de Chile.
  - 4 Assistant Professor, Department of Restorative Dentistry, Universidad de Chile.
  - 5 Assistant Professor, Department of Restorative Dentistry, Universidad de Chile.
  - 6 Livre-docência Professor, Department of Restorative Dentistry, Dental Area, Universidade Estadual Paulista, São Paulo, Brazil.
  - 7 Assistant Professors, Department of Restorative Dentistry, Universidad de Chile.

RECIBIDO: NOVIEMBRE19/2013-ACEPTADO: AGOSTO 19/2013

SUBMITTED: NOVEMBER 19/2013-ACCEPTED: AUGUST 19/2013

## INTRODUCCIÓN

La dentina forma la estructura central de los dientes. Su espesor está atravesado por túbulos que se extienden desde la pulpa hasta el límite amelodentinario. Estos túbulos le confieren la característica física de permeabilidad.<sup>1</sup>

La permeabilidad de un material puede ser definida como la capacidad para permitir el paso de un solvente o solución a través de este material. La permeabilidad de un material puede ser total para el agua, los solutos pueden o no pasar a través del mismo. Para valorar esta propiedad se utiliza la conductancia hidráulica, que es definida como la capacidad de un material para permitir el paso de agua destilada a través de él.<sup>1</sup>

La primera descripción de permeabilidad de sustancias a través de la dentina fue publicada por Fritsch, en 1914. En la década de los 40, Lefkowitz observó como un colorante inyectado en la pulpa de un diente, luego penetró en toda la dentina en un poco más de media hora. Algunos años después, Bodecker y Lefkowitz<sup>2</sup> observaron cómo el colorante de un material de obturación, puesto en una cavidad profunda, fue capaz de pasar a zonas adyacentes del esmalte, dentina y pulpa. A partir de estos estudios se comienza a definir el concepto de “permeabilidad dentinaria”, que en la actualidad se define como el paso de fluidos, iones, moléculas, partículas y bacterias en y a través de la dentina bajo diferentes condiciones.

Varios autores han estudiado la relación de la permeabilidad de la dentina con su topografía, morfología y con distintas soluciones.<sup>2,3</sup> También se ha investigado la permeabilidad de diversos componentes de los materiales dentales y su posible efecto citotóxico en las células pulpares. Otra línea de investigación de frecuente estudio en permeabilidad dentinaria, son las pruebas de sellado de sistemas adhesivos. Producto de la hidratación y naturaleza compleja de este tejido, la adhesión a la dentina y el sellado de la superficie dentinaria expuesta continúa siendo una problemática a pesar de los avances en la odontología adhesiva. Modelos de permeabilidad han sido usados para calcular la capacidad de los sistemas adhesivos para sellar la dentina y para determinar la fuerza de adhesión a ella de distintos sistemas adhesivos, cementos y otros materiales dentales.<sup>4-7</sup>

## INTRODUCTION

Dentin forms the central structure of teeth. It is crossed by tubules extending from the pulp to the enamel dentin junction. These tubules provide dentin with the physical feature of permeability.<sup>1</sup>

The permeability of a material can be defined as the capacity to allow the passage of solvent or solution through it. A material can be totally permeable to water, while solutes can or cannot pass through it. This property is assessed through hydraulic conductance, which is defined as the ability of a material to allow the passage of distilled water through it.<sup>1</sup>

The first description of substance permeability through dentin was published by Fritsch in 1914. In the 1940s, Lefkowitz observed that a dyeing agent injected in a tooth's pulp penetrated the entire dentin in a little more than half an hour. A few years later, Bodecker and Lefkowitz<sup>2</sup> observed that the coloring of a filling material applied on a deep cavity was able to move to adjacent areas of enamel, dentin, and pulp. These studies paved the way for the concept of “dentin permeability”, currently defined as the passage of fluids, ions, molecules, particles, and bacteria in and through dentin under different conditions.

Several authors have studied the relationship of dentin permeability with its topography and morphology, and with different solutions.<sup>2,3</sup> The permeability of various components of dental materials and its possible cytotoxic effect on pulp cells has also been studied. Another frequent research field on dentin permeability consists on adhesive systems sealing tests. Due to this tissue's complex hydration and nature, dentin adhesion and sealing of the exposed dentin surface remains a problem despite advances in adhesive dentistry. Permeability models have been used to calculate the capacity of adhesive systems to seal dentin and to determine the strength of adhesion of different adhesive systems, cements, and other dental materials to it.<sup>4-7</sup>

Múltiples estudios han reportaron que la aplicación de distintos agentes en base a oxalato, produce una reducción de la permeabilidad dentinaria que varía de 75 a 98,4% .<sup>8,9</sup> Estos valores de permeabilidad son similares a los obtenidos cuando el barro dentinario no es removido de la superficie dentinaria, que es cerca del 80% de la resistencia total al flujo de fluidos en la dentina. Pereira y colaboradores,<sup>10</sup> utilizando geles en base a oxalato con distinto pH, cuyos valores estaban entre 2,5 y 4,1, demostraron que el producto con menor pH muestra la mayor reducción en la tasa de filtración y es menos susceptible a las condiciones de pre-tratamiento de la dentina. Se concluyó que el gel más ácido fue, probablemente, capaz de liberar más calcio desde la dentina para reaccionar con el oxalato de potasio y formar cristales insolubles de oxalato de calcio.

Con el fin de prolongar el efecto oclusivo del oxalato de calcio, es que se planteó un protocolo que consiste en la aplicación de desensibilizantes en base a oxalatos en dentina grabada, y previo a la aplicación del agente adhesivo.

Basados en la información disponible, podemos decir que in vitro los oxalatos tienen el potencial de disminuir la permeabilidad, pero sólo por un tiempo limitado. La influencia del tiempo de aplicación del agente es un aspecto de estos compuestos que es poco claro. Pereira y colaboradores, utilizando una solución en base a oxalato, establecieron que la disminución de la conductancia hidráulica sobre dentina no grabada, ocurre 10 s después de la aplicación de la solución; en cambio, en dentina grabada la disminución es significativa tras 60 s de aplicación. Para ambos grupos, el tamaño del cristal precipitado y el grosor de la capa de cristales aumentan con el tiempo de aplicación. En los estudios que evalúan, in vitro o clínicamente, los agentes en base a oxalatos, existen amplias variaciones en los tiempos de aplicación, los que van desde los 15 s hasta los 5 min, dependiendo de la presentación del ácido oxálico.<sup>10</sup>

Un claro ejemplo de esto es lo que sucede con el oxalato de potasio monohidratado al 3%, que ha sido utilizado por distintos estudios in vitro de evaluación de la conductancia

Many studies have reported that the application of various oxalate-based agents results in reduced dentin permeability ranging from 75 to 98.4%.<sup>8,9</sup> These permeability values are similar to those obtained when smear layer is not removed from the dentin surface, which represents about 80% of the total resistance to the fluid flow in dentin. By using oxalate-based gels with pH ranging from 2.5 to 4.1, Pereira et al<sup>10</sup> proved that the product with the lowest pH shows the greatest reduction in leakage rate and is less susceptible to the pre-treatment conditions of dentine. They concluded that the most acid gel was probably capable of releasing more calcium from dentin to react with potassium oxalate and form insoluble calcium oxalate crystals.

In order to prolong the occlusive effect of calcium oxalate, it has been suggested to use a protocol consisting in the application of oxalate-based desensitizers on etched dentin, with prior application of the bonding agent.

Based on the available information, we can state that, in vitro, oxalates have the potential to decrease permeability but only for a limited time. The influence of the agent's application time is an unclear aspect of these compounds. By using an oxalate-based solution, Pereira et al established that the decrease in hydraulic conductance of non-etched dentin occurs 10 s after applying the solution, while in etched dentin the decrease is significant 60 s after application. In both groups, the size of precipitated crystal and the thickness of the layer of crystals increase with application time. In vitro and clinical studies evaluating oxalate-based agents show wide variations in application times, ranging from 15 s to 5 min, depending on the oxalic acid presentation.<sup>10</sup>

A clear example of this is what happens with 3% potassium oxalate monohydrate, which has been used in various in vitro studies on hydraulic

hidráulica, los cuales lo han aplicado por 2, 3 o 4 min.<sup>4,9,10</sup> En los tres estudios se determinó que la utilización de esta formulación generaba una disminución de la conductancia hidráulica, que es estadísticamente significativa. Es decir, si bien los tiempos de aplicación son variables, los resultados de los estudios in vitro son similares, existiendo una diferencia estadísticamente significativa en la disminución de la conductancia hidráulica tras la aplicación de oxalatos.

El propósito del estudio fue determinar, mediante la utilización de un modelo in vitro, la conductancia hidráulica en discos de dentina humana tratados con ácido oxálico por 15, 30 o 60 s, y la mantención del efecto oclusivo medido a los 7 y 14 días post aplicación, utilizando el protocolo básico de aplicación de la solución comercial desensibilizante dentinaria sin la aplicación posterior de adhesivo.

## MÉTODOS

En este estudio, de tipo experimental prospectivo, se utilizaron 45 terceros molares humanos libres de caries, en inclusión, extraídos de voluntarios entre 16 y 30 años, cuyo diámetro coronal no fuese mayor de 12 mm, obtenidos después de la firma del paciente de un consentimiento informado aprobado por el comité de ética de la Facultad de Odontología de la Universidad de Chile. Estos fueron desinfectados durante 24 horas en una solución de Timol al 0,1% (SIGMA, England), concentración permitida, bajo estricto protocolo y sin contacto alguno con mucosas de los operadores.<sup>11</sup> Luego se conservaron en suero fisiológico 0,9% hasta el momento de su utilización.<sup>12</sup>

Los dientes fueron grabados con ácido ortofosfórico al 35% (Coltene-Whaledent) por todo el esmalte, durante 30 s, para eliminar el barro dentinario post-desgaste. Luego se lavaron, secaron y se procedió a aplicar una capa de cianoacrilato. Una vez seco este, las piezas fueron incluidas en bloques de resina epóxica, de forma cilíndrica, de 13 mm de diámetro y 20 mm de altura, confeccionados en un molde de silicona hasta que se completara su polimerización.

conductance by applying it for 2, 3 or 4 minutes.<sup>4,9,10</sup> All three studies found out that the use of this formula decreased hydraulic conductance in a statistically significant manner. This means that while application times are variable, the results of the in vitro studies are similar, with a statistically significant difference in terms of hydraulic conductance decrease following the application of oxalates.

The purpose of this study was to use an in vitro model to determine the hydraulic conductance of human dentin discs treated with oxalic acid for 15, 30 or 60 s maintaining the occlusive effect and measuring 7 and 14 days after application, using the basic protocol of application of commercial dentin desensitizing solution without subsequent application of an adhesive.

## METHODS

This prospective experimental study included 45 human decay-free, in no-occlusion third molars extracted from volunteers aged 16 to 30 years, with a coronal diameter not greater than 12 mm. They were obtained once patients signed an informed consent approved by the Ethics Committee of Universidad de Chile School of Dentistry. The samples were disinfected for 24 hours in 0.1% Thymol solution (SIGMA, England), which is the permitted concentration, under the strict protocol and with no contact with the operators' mucous membranes.<sup>11</sup> They were later stored in 0.9% saline solution until use.<sup>12</sup>

The teeth were etched with 35% orthophosphoric acid (Coltene-Whaledent) all through the enamel for 30 seconds in order to remove post-attrition dentinal smear layer. Then they were washed, dried, and applied a layer of cyanoacrylate. Once dry, the pieces were embedded in epoxy resin blocks with a cylindrical shape of 13 mm in diameter and 20 mm high, manufactured in silicone mold, until polymerization was completed.

Las muestras fueron cortadas utilizando una sierra de baja velocidad Isomet® 1000 (ISOMET BUEHLER LAKE-BUFF IL, USA 1000, 750r/min, 250g) bajo abundante refrigeración, en forma paralela a la cara oclusal de los dientes, de forma que se pudieran obtener discos de dentina de 1 mm de grosor. Cortados los discos, las caras oclusales se regularizaron con papel abrasivo (n. 600 Silicon carbide) bajo agua circulando para estandarizar el barro dentinario remanente. Cada disco fue rotulado, señalando su cara oclusal e indicando al grupo de trabajo al cual pertenecía, y, posteriormente, los discos fueron randomizados por medio del software SPSS 21.0.

Sobre la dentina oclusal y pulpar de cada disco se hizo un grabado con ácido ortofosfórico al 35% (Coltene-Whaledent), por 15 s, para eliminar el barro dentinario de acuerdo al protocolo de la “técnica básica” del fabricante, y luego se lavó bajo abundante agua por 30 s.

Para lograr un modelo experimental consistente con la condición clínica de la sensibilidad dentinaria, en la que la dentina presenta túbulos dentinarios abiertos, se hizo la medición de la permeabilidad posterior a la remoción del barro dentinario. La conductancia hidráulica obtenida bajo estas condiciones puede ser considerada como la máxima permeabilidad de ese disco, es decir, el 100% y, por lo tanto, todas las mediciones de conductancia hidráulica hechas posteriormente en el mismo disco (tras la aplicación del ácido oxálico y a los 7 y 14 días de su aplicación), fueron consideradas como un porcentaje de este 100%. De este modo, y tomando en cuenta que cada disco es único en cuanto a la densidad de túbulos que presenta, cada disco actuó como su propio control. El agente desensibilizante dentinario utilizado fue la marca comercial BisBlock® (Bisco Inc, Schaumburg, IL, USA).

## Grupos de estudio

Se conformaron 3 grupos de 15 discos de dentina cada uno:

- Grupo 1: 15 discos de dentina previamente grabados con ácido ortofosfórico al 35%, a los que se les aplicó ácido oxálico con un microbrush (BisBlock®,

Samples were sectioned with a low-speed 1000 Isomet® saw (ISOMET BUEHLER LAKEBUFF IL, USA 1000, 750r/min, 250 g) under abundant refrigeration, parallel to the occlusal face of teeth, in order to obtain 1 mm thick dentin discs. Once discs had been sectioned, their occlusal sides were polished with sandpaper (n. 600 Silicon carbide) under running water to standardize remnants of dentinal smear layer. Each disc was labeled pointing out its occlusal face and indicating the group to which it belonged; the discs were randomized using the SPSS 21.0 software.

Each disc's occlusal and pulpal dentin was etched with 35% orthophosphoric acid (Coltene-Whaledent), for 15 s to remove dentinal smear layer following the manufacturer's "basic technique" protocol, and then washed with water for 30 s.

To achieve an experimental model consistent with the clinical conditions of dentin sensitivity, in which dentin has open dentin tubules, permeability was measured after removal of dentinal smear layer. The hydraulic conductance obtained under these conditions can be considered as the maximum permeability of each disc, i.e. 100%; therefore, all the hydraulic conductance measurements later made on the same disc (after application of oxalic acid and 7 and 14 days of application), were considered as a percentage of this 100%. Thus, and taking into account that each disc is unique in terms of its tubules density, each disc acted as its own control. The dentin desensitizing agent used was the commercial brand BisBlock® (Bisco Inc, Schaumburg, IL, USA).

## Study groups

3 groups of 15 dentin discs each were formed:

- Group 1: 15 dentin discs previously etched with 35% orthophosphoric acid, which were applied oxalic acid with a microbrush (BisBlock®,

Bisco), se dejó actuar por un tiempo de 15 s y se lavó con abundante agua.

- Grupo 2: 15 discos de dentina previamente grabados con ácido ortofosfórico al 35%, a los que se les aplicó ácido oxálico con un microbrush (BisBlock®, Bisco), se dejó actuar por un tiempo de 30 s y se lavó con abundante agua.
- Grupo 3: 15 discos de dentina previamente grabados con ácido ortofosfórico al 35%, a los que se les aplicó ácido oxálico con un microbrush (BisBlock®, Bisco), se dejó actuar por un tiempo de 60 s y se lavó con abundante agua.
- Control negativo: disco de resina epóxica.

Una vez tratados con ácido oxálico, los especímenes fueron almacenados a T ambiente (25° C) y humedad controlada (100%), en el Laboratorio de Química de la FOUCH, y posteriormente se procedió a medir su filtración en los siguientes intervalos de tiempo:

- Inmediatamente posterior a su aplicación.
- A los 7 días.
- A los 14 días.

Cada medición se hizo por un periodo de 20 min, y se repitió 3 veces para obtener un promedio de los datos. Al final de las mediciones se obtuvo, por cada disco de dentina, cuatro valores de conductancia hidráulica:

- Inicial: análisis del disco de dentina sólo con grabado ácido.
- Finales: análisis del disco de dentina grabado y tratado con un agente en base a oxalato por un determinado tiempo de aplicación, el cual fue medido en tres distintos intervalos de tiempo.

El modelo experimental que se utilizó fue validado por Hevia y colaboradores,<sup>13</sup> y es similar al de Reeder y colaboradores.<sup>14</sup> Este se modificó eliminando el termostato que posee, ya que la temperatura no es una variable a estudiar en nuestro trabajo. Este equipo

Bisco), letting it act for a period of 15 s, and washed with abundant water.

- Group 2: 15 dentin discs previously etched with 35% orthophosphoric acid, which were applied oxalic acid with a microbrush (BisBlock®, Bisco), letting it act for a period of 30 s, and washed with abundant water.
- Group 3: 15 dentin discs previously etched with 35% orthophosphoric acid, which were applied oxalic acid with a microbrush (BisBlock®, Bisco), letting it act for a period of 60 s, and washed with abundant water.
- Negative control: epoxy resin disc.

Once treated with oxalic acid, samples were stored at room temperature (25° C) and with controlled humidity (100%) in the FOUCH Chemistry Lab. The samples' leakage was later measured in the following time intervals:

- Immediately after application.
- After 7 days.
- After 14 days.

Each measurement was made for a period of 20 minutes and was repeated 3 times in order to get average data. Once measurements were completed, four hydraulic conductance values were obtained for each dentin disc:

- Initial value: analysis of dentin disc with acid etching only.
- Final values: analysis of dentin disc etched and treated with an oxalate-based agent during certain application time which was measured at three different time intervals.

The experimental model used was validated by Hevia et al,<sup>13</sup> and is similar to that of Reeder et al.<sup>14</sup> It was modified by removing the thermostat it includes, since temperature is not a variable to be studied in our work. This equipment

permitió determinar la tasa de filtración a través de la dentina, es decir, el volumen de fluido filtrado por unidad de tiempo. Consistió en un reservorio con una columna vertical de agua de 20cm, conectada a una llave de paso que, por medio de un tubo de silicona, se conectó a un tubo capilar milimetrado en posición horizontal, que presenta una capacidad de 0,1 ml. A esta pipeta se le introdujo, por uno de sus extremos, una burbuja de aire, que funcionó como guía de visualización y posterior medición de la filtración a través de la dentina. El capilar se conectó distalmente a una cámara en donde se fijaron los discos dentinarios en estudio por medio de tubo de silicona. La cámara donde se ubicaron los discos fue modificada con el fin de visualizar cualquier filtración que se pudiese producir entre la pieza dentaria y la resina. Para esto se removió, utilizando una fresa de carbide, la parte superior de la cámara. De esta forma, previo a comenzar cada medición, se aseguró que la filtración de agua fuera sólo a través de la dentina. Cuando los discos presentaron alguna filtración, se procedió a marcar dicha zona y posteriormente estas se resellaron con cianocrilato. Una vez obtenidos los valores de velocidad de filtración, se procedió a calcular la conductancia hidráulica mediante la siguiente fórmula:

$$Ch = \frac{F}{A * P * t}$$

Ch: conductancia hidráulica de la dentina en  $\mu\text{l}/\text{cm}^2/\text{min}.$ ,  
F: Tasa de filtración en  $\mu\text{l}/\text{min}.$ , A: área superficial de dentina en  $\text{cm}^2$ , P: diferencia de presión hidrostática a través de la dentina en  $\text{cm H}_2\text{O}$ , T: tiempo de medición en min.

La conductancia hidráulica corresponde a una fórmula que determina la permeabilidad, en este caso, de los discos de dentina. El objetivo fue obtener esta ecuación para cada uno de los grupos. La variable F corresponde a la tasa de flujo de cada disco. La variable A corresponde al área de dentina expuesta al fluido. La variable P corresponde a la presión intrapulpal cuyo valor corresponde a la altura de la columna de agua destilada (20 cm), y la variable T es el tiempo de medición, en este caso 20 min. El área de dentina expuesta por disco fue calculada por el software computacional *ImageJ*,<sup>15</sup>

enabled to determine the rate of filtration through dentin, i.e., the volume of leaked fluid per unit of time. It consisted of a reservoir with a vertical column of water of 20 cm connected to a stopcock which, by means of a silicone tube, was connected to a capillary graph in a horizontal position which has a capacity of 0.1 ml. This pipette was supplied by one end with an air bubble which functioned as a viewing guide and later as a measurement of leakage through dentin. The capillary was distally connected to a chamber where the dentin discs under study were fixed by means of a silicone tube. The chamber where discs were placed was modified in order to observe any leakage occurring between tooth and resin. To this end, the upper part of the chamber was removed with a carbide bur. Thus, prior to beginning each measurement, the operators made sure that water leaked through dentin only. When discs had leakage, the areas were marked and later filled with cyanoacrylate. Once leakage speed values had been obtained, hydraulic conductance was calculated with the following formula:

$$Hc = \frac{F}{A * P * t}$$

Hc: dentin hydraulic conductance in  $\mu\text{l}/\text{cm}^2/\text{min}$ , F: filtration rate in  $\mu\text{l}/\text{min}.$ , A: dentin surface area in  $\text{cm}^2$ , P: difference of hydrostatic pressure through dentin in  $\text{cm H}_2\text{O}$ , t: measurement time in min.

Hydraulic conductance corresponds to a formula that determines the permeability of dentin discs (in this case). The objective was to calculate this equation in each group. Variable F corresponds to each disc's fluid rate. Variable A corresponds to the dentin area exposed to the fluid. Variable P corresponds to the intra-pulpal pressure whose value corresponds to the height of the column of distilled water (20 cm), and variable T is the measurement time—20 min in this case—. The area of exposed dentin per disc was calculated by the *ImageJ*<sup>15</sup>

mediante un registro fotográfico previo. Este corresponde a un programa de procesamiento de imagen digital que permite calcular una determinada área contando el número de píxeles que hay en esta.

Análisis estadístico: se comprobó la distribución y homogeneidad de los datos (Test de Shapiro Wilk y Test de Levene), que fueron comparados mediante test de ANOVA y test post-hoc de Games-Howell. Esto fue igual para todas las comparaciones. Además, mediante el software G\*Power 3.1 se determinó la muestra con un intervalo de confianza de  $p = 0,05$ , un poder estadístico de 0,83 y un tamaño de efecto de 0,5.

## RESULTADOS

Las tablas 1, 2 y 3, y figuras 1, 2 y 3, muestran los valores de conductancia hidráulica de cada disco dentinario, en cada uno de los tiempo de evaluación, para los grupos A, B y C respectivamente. Además, entre paréntesis se muestra la conductancia expresada como porcentaje respecto a la conductancia máxima (100%) de cada disco (posterior al grabado ácido) (tablas 4, 5 y 6).

No existió diferencia estadísticamente significativa en los porcentajes de conductancia con respecto a la máxima filtración entre los grupos de estudio. Si bien en los tres tiempos de evaluación (inmediato, 7 días y 14 días) el grupo C fue el que presentó los valores de conductancia más bajos, no hubo diferencia significativa entre los tres grupos inmediatamente posterior a la aplicación de ácido oxálico ( $p = 0,187$ ), a los 7 días ( $p = 0,817$ ) ni a los 14 días ( $p = 0,564$ ) (tabla 7).

computational software by means of previous photographic records. This is a digital image processing software that allows calculating certain area by counting the number of pixels it has.

Statistical analysis: data distribution and homogeneity was tested (Shapiro Wilk Test and Levene Test) and compared using ANOVA test and post-hoc Games-Howell test. This was the same for all comparisons. Furthermore, the G\*Power 3.1 software was used to define the sample with  $p = 0.05$  confidence interval, 0.83 statistical power, and 0.5 effect size.

## RESULTS

Tables 1, 2 and 3 and figures 1, 2 and 3 show each dentinal disc's hydraulic conductance values in each evaluation time for groups A, B and C respectively. In addition, parentheses show conductance expressed as a percentage of maximum conductance (100%) of each disc (following acid etching) (tables 4, 5 and 6).

There was no statistically significant difference in terms of conductance percentages with respect to maximum filtration among the study groups. While in the three evaluation times (immediately, 7 days later, and 14 days later) Group C was the one with the lowest conductance values, there was no significant difference among the three groups immediately after oxalic acid application ( $p = 0.187$ ), 7 days afterwards ( $p = 0.817$ ), or 14 days later ( $p = 0.564$ ) (table 7).



Tabla 1. Ácido oxálico 15 s

Grupo A	G. Ácido	Día 1	Día 7	Día 14
A1	0,02229654	0,0041806	0,02369008	0,02090301
A2	0,02747253	0,00732601	0,01098901	0,02014652
A3	0,01168224	0,00389408	0,00778816	0,01168224
A4	0,01529052	0,00637105	0,01401631	0,0127421
A5	0,02224199	0,014828	0,02520759	0,02075919
A6	0,02385821	0,00511247	0,01192911	0,01192911
A7	0,01012146	0,00674764	0,01012146	0,01349528
A8	0,01123956	0,0032113	0,00642261	0,00963391
A9	0,04318618	0,00319898	0,01599488	0,01599488
A10	0,00902527	0,00150421	0,00451264	0,01052948
A11	0,00918635	0,00787402	0,00787402	0,01049869
A12	0,03318019	0,00510465	0,01020929	0,01276161
A13	0,00982704	0,00589623	0,01375786	0,01768868
A14	0,01314406	0,00262881	0,01577287	0,01182965
A15	0,03862151	0,00891266	0,00891266	0,01188354

Tabla 2. Ácido oxálico 30 s

Grupo B	G. Ácido	Día 1	Día 7	Día 14
B1	0,02182845	0,01027221	0,01284027	0,01412429
B2	0,02409297	0,00283447	0,02692744	0,02834467
B3	0,01817673	0,00699105	0,01258389	0,0139821
B4	0,01049161	0,0044964	0,01049161	0,01049161
B5	0,01157407	0,00578704	0,00578704	0,01591435
B6	0,00838926	0,00419463	0,00838926	0,00699105
B7	0,01637197	0,00818599	0,00491159	0,00491159
B8	0,01590331	0,00318066	0,02703562	0,01749364
B9	0,02953586	0,00843882	0,01054852	0,01476793
B10	0,0167336	0,00334672	0,00502008	0,01338688
B11	0,01266892	0,00844595	0,00422297	0,00844595
B12	0,01595745	0,00177305	0,0141844	0,01241135
B13	0,02272727	0,0094697	0,0094697	0,01136364
B14	0,00854701	0,00320513	0,00961538	0,00747863
B15	0,01646904	0,00494071	0,01482213	0,01482213

Tabla 3. Ácido oxálico 60 s

Grupo C	G. Ácido	Día 1	Día 7	Día 14
C1	0,0607064	0,01103753	0,00965784	0,01103753
C2	0,01652893	0,00413223	0,00826446	0,00826446
C3	0,02109705	0,0039557	0,01845992	0,01714135
C4	0,02123142	0,012385	0,03892427	0,02830856
C5	0,01037344	0,00518672	0,01210235	0,01383126
C6	0,01209921	0,0030248	0,00907441	0,01361162
C7	0,01675042	0,00279174	0,00837521	0,01116695
C8	0,01663642	0,00453721	0,01361162	0,01361162
C9	0,01944943	0,00149611	0,00598444	0,0149611
C10	0,05208333	0,00297619	0,00744048	0,01190476
C11	0,01477541	0,00295508	0,01182033	0,01182033
C12	0,05409904	0,0062422	0,01040366	0,01664586
C13	0,02008032	0,00717154	0,00573723	0,01004016
C14	0,02285513	0,00879044	0,02988748	0,0281294
C15	0,02544529	0,00424088	0,00636132	0,01272265

Table 1. Oxalic acid 15 s

Group A	Acid E.	Day 1	Day 7	Day 14
A1	0.02229654	0.0041806	0.02369008	0.02090301
A2	0.02747253	0.00732601	0.01098901	0.02014652
A3	0.01168224	0.00389408	0.00778816	0.01168224
A4	0.01529052	0.00637105	0.01401631	0.0127421
A5	0.02224199	0.014828	0.02520759	0.02075919
A6	0.02385821	0.00511247	0.01192911	0.01192911
A7	0.01012146	0.00674764	0.01012146	0.01349528
A8	0.01123956	0.0032113	0.00642261	0.00963391
A9	0.04318618	0.00319898	0.01599488	0.01599488
A10	0.00902527	0.00150421	0.00451264	0.01052948
A11	0.00918635	0.00787402	0.00787402	0.01049869
A12	0.03318019	0.00510465	0.01020929	0.01276161
A13	0.00982704	0.00589623	0.01375786	0.01768868
A14	0.01314406	0.00262881	0.01577287	0.01182965
A15	0.03862151	0.00891266	0.00891266	0.01188354

Table 2. Oxalic acid 30 s

Group B	Acid E.	Day 1	Day 7	Day 14
B1	0.02182845	0.01027221	0.01284027	0.01412429
B2	0.02409297	0.00283447	0.02692744	0.02834467
B3	0.01817673	0.00699105	0.01258389	0.0139821
B4	0.01049161	0.0044964	0.01049161	0.01049161
B5	0.01157407	0.00578704	0.00578704	0.01591435
B6	0.00838926	0.00419463	0.00838926	0.00699105
B7	0.01637197	0.00818599	0.00491159	0.00491159
B8	0.01590331	0.00318066	0.02703562	0.01749364
B9	0.02953586	0.00843882	0.01054852	0.01476793
B10	0.0167336	0.00334672	0.00502008	0.01338688
B11	0.01266892	0.00844595	0.00422297	0.00844595
B12	0.01595745	0.00177305	0.0141844	0.01241135
B13	0.02272727	0.0094697	0.0094697	0.01136364
B14	0.00854701	0.00320513	0.00961538	0.00747863
B15	0.01646904	0.00494071	0.01482213	0.01482213

Table 3. Oxalic acid 60 s

Group C	Acid E.	Day 1	Day 7	Day 14
C1	0.0607064	0.01103753	0.00965784	0.01103753
C2	0.01652893	0.00413223	0.00826446	0.00826446
C3	0.02109705	0.0039557	0.01845992	0.01714135
C4	0.02123142	0.012385	0.03892427	0.02830856
C5	0.01037344	0.00518672	0.01210235	0.01383126
C6	0.01209921	0.0030248	0.00907441	0.01361162
C7	0.01675042	0.00279174	0.00837521	0.01116695
C8	0.01663642	0.00453721	0.01361162	0.01361162
C9	0.01944943	0.00149611	0.00598444	0.0149611
C10	0.05208333	0.00297619	0.00744048	0.01190476
C11	0.01477541	0.00295508	0.01182033	0.01182033
C12	0.05409904	0.0062422	0.01040366	0.01664586
C13	0.02008032	0.00717154	0.00573723	0.01004016
C14	0.02285513	0.00879044	0.02988748	0.0281294
C15	0.02544529	0.00424088	0.00636132	0.01272265

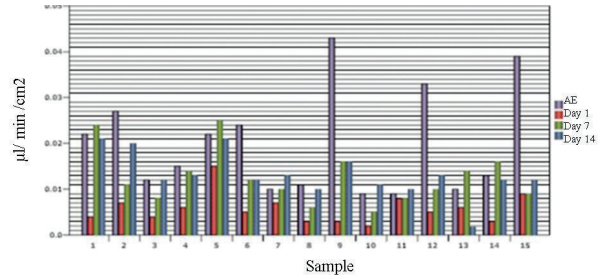
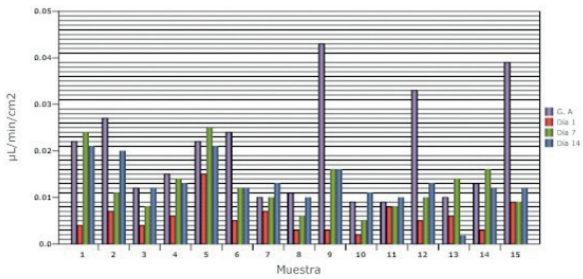


Figura 1. Conductancia ácido oxálico 15 s (GA = Grabado Ácido)

Figure 1. Conductance oxalic acid 15 s (AE = acid etching)

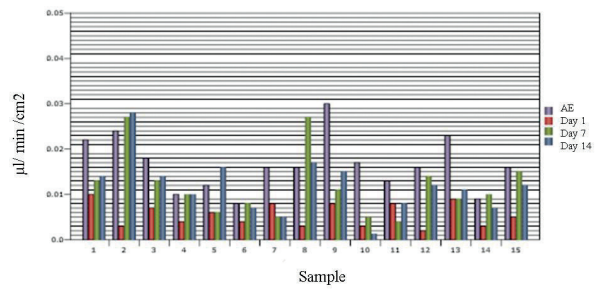
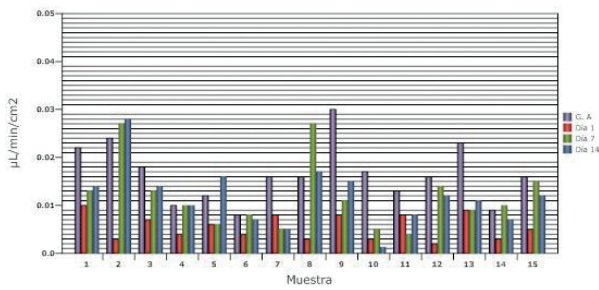


Figura 2. Ácido oxálico 30 s (GA rabado Ácido)

Figure 2. Oxalic acid 30 s (AE = acid etching)

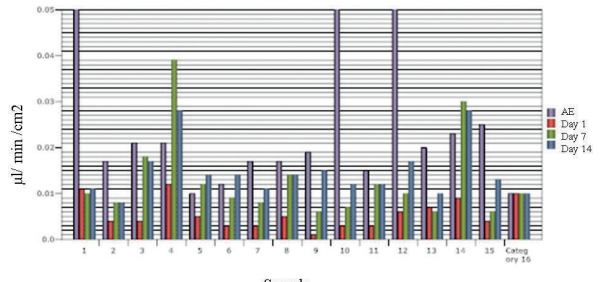
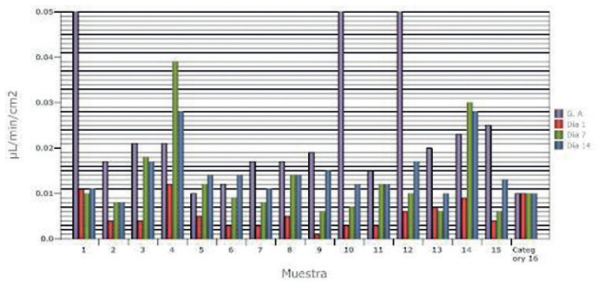


Figura 3. Ácido oxálico 60 s (GA = Grabado Ácido)

Figure 3. Oxalic acid 60 s (AE = acid etching)

Tabla 4. Porcentaje respecto de la conductancia máxima-ácido oxálico 15 s

Grupo A	G. Ácido	Día 1	Día 7	Día 14
A1	100,00%	18,75%	106,25%	93,75%
A2	100,00%	26,67%	40,00%	73,33%
A3	100,00%	33,33%	66,67%	100,00%
A4	100,00%	41,67%	91,67%	83,33%
A5	100,00%	66,67%	113,33%	93,33%
A6	100,00%	21,43%	50,00%	50,00%
A7	100,00%	66,67%	100,00%	133,33%
A8	100,00%	28,57%	57,14%	85,71%
A9	100,00%	7,41%	37,04%	37,04%
A10	100,00%	16,67%	50,00%	116,67%
A11	100,00%	85,71%	85,71%	114,29%
A12	100,00%	15,38%	30,77%	38,46%
A13	100,00%	60,00%	140,00%	180,00%
A14	100,00%	20,00%	120,00%	90,00%
A15	100,00%	23,08%	23,08%	30,77%

Tabla 5. Porcentaje respecto a la conductancia máxima-ácido oxálico 30 s

Grupo B	G. Ácido	Día 1	Día 7	Día 14
B1	100,00%	47,06%	58,82%	64,71%
B2	100,00%	11,76%	111,76%	117,65%
B3	100,00%	38,46%	69,23%	76,92%
B4	100,00%	42,86%	100,00%	100,00%
B5	100,00%	50,00%	50,00%	137,50%
B6	100,00%	50,00%	100,00%	83,33%
B7	100,00%	50,00%	30,00%	30,00%
B8	100,00%	20,00%	170,00%	110,00%
B9	100,00%	28,57%	35,71%	50,00%
B10	100,00%	20,00%	30,00%	80,00%
B11	100,00%	66,67%	33,33%	66,67%
B12	100,00%	11,11%	88,89%	77,78%
B13	100,00%	41,67%	41,67%	50,00%
B14	100,00%	37,50%	112,50%	87,50%
B15	100,00%	30,00%	90,00%	90,00%

Tabla 6. Porcentaje respecto a la conductancia máxima-ácido oxálico 60 s

Grupo C	G. Ácido	Día 1	Día 7	Día 14
C1	100,00%	18,18%	15,91%	18,18%
C2	100,00%	25,00%	50,00%	50,00%
C3	100,00%	18,75%	87,50%	81,25%
C4	100,00%	58,33%	183,33%	133,33%
C5	100,00%	50,00%	116,67%	133,33%
C6	100,00%	25,00%	75,00%	112,50%
C7	100,00%	16,67%	50,00%	66,67%
C8	100,00%	27,27%	81,82%	81,82%
C9	100,00%	7,69%	30,77%	76,92%
C10	100,00%	5,71%	14,29%	22,86%
C11	100,00%	20,00%	80,00%	80,00%
C12	100,00%	11,54%	19,23%	30,77%
C13	100,00%	35,71%	28,57%	50,00%
C14	100,00%	38,46%	130,77%	123,08%
C15	100,00%	16,67%	25,00%	50,00%

Table 4. Percentage with respect to maximum conductance-oxalic acid 15 s

Group A	Acid E.	Day 1	Day 7	Day 14
A1	100.00%	18.75%	106.25%	93.75%
A2	100.00%	26.67%	40.00%	73.33%
A3	100.00%	33.33%	66.67%	100.00%
A4	100.00%	41.67%	91.67%	83.33%
A5	100.00%	66.67%	113.33%	93.33%
A6	100.00%	21.43%	50.00%	50.00%
A7	100.00%	66.67%	100.00%	133.33%
A8	100.00%	28.57%	57.14%	85.71%
A9	100.00%	7.41%	37.04%	37.04%
A10	100.00%	16.67%	50.00%	116.67%
A11	100.00%	85.71%	85.71%	114.29%
A12	100.00%	15.38%	30.77%	38.46%
A13	100.00%	60.00%	140.00%	180.00%
A14	100.00%	20.00%	120.00%	90.00%
A15	100.00%	23.08%	23.08%	30.77%

Table 5. Percentage with respect to maximum conductance-oxalic acid 30 s

Group B	Acid E.	Day 1	Day 7	Day 14
B1	100.00%	47.06%	58.82%	64.71%
B2	100.00%	11.76%	111.76%	117.65%
B3	100.00%	38.46%	69.23%	76.92%
B4	100.00%	42.86%	100.00%	100.00%
B5	100.00%	50.00%	50.00%	137.50%
B6	100.00%	50.00%	100.00%	83.33%
B7	100.00%	50.00%	30.00%	30.00%
B8	100.00%	20.00%	170.00%	110.00%
B9	100.00%	28.57%	35.71%	50.00%
B10	100.00%	20.00%	30.00%	80.00%
B11	100.00%	66.67%	33.33%	66.67%
B12	100.00%	11.11%	88.89%	77.78%
B13	100.00%	41.67%	41.67%	50.00%
B14	100.00%	37.50%	112.50%	87.50%
B15	100.00%	30.00%	90.00%	90.00%

Table 6. Percentage with respect to maximum conductance-oxalic acid 60 s

Group C	Acid E.	Day 1	Day 7	Day 14
C1	100.00%	18.18%	15.91%	18.18%
C2	100.00%	25.00%	50.00%	50.00%
C3	100.00%	18.75%	87.50%	81.25%
C4	100.00%	58.33%	183.33%	133.33%
C5	100.00%	50.00%	116.67%	133.33%
C6	100.00%	25.00%	75.00%	112.50%
C7	100.00%	16.67%	50.00%	66.67%
C8	100.00%	27.27%	81.82%	81.82%
C9	100.00%	7.69%	30.77%	76.92%
C10	100.00%	5.71%	14.29%	22.86%
C11	100.00%	20.00%	80.00%	80.00%
C12	100.00%	11.54%	19.23%	30.77%
C13	100.00%	35.71%	28.57%	50.00%
C14	100.00%	38.46%	130.77%	123.08%
C15	100.00%	16.67%	25.00%	50.00%

Tabla 7. ANOVA

		Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
c_14_d	Inter-grupos	1484,661	2	742,331	,581	,564
	Intra-grupos	53620,224	42	1276,672		
	Total	55104,885	44			
c_7_d	Inter-grupos	729,370	2	364,685	,203	,817
	Intra-grupos	75368,293	42	1794,483		
	Total	76097,663	44			
c_post	Inter-grupos	1194,094	2	597,047	1,748	,187
	Intra-grupos	14348,120	42	341,622		
	Total	15542,214	44			

No hay diferencia entre los grupo inmediatamente posterior ( $p = 0,187$ ), a los 7 días ( $p = 0,817$ ) ni a los 14 días ( $p = 0,564$ ).

En el grupo A se observa que, inmediatamente posterior al tratamiento con ácido oxálico, se genera la mayor disminución en la conductancia hidráulica (64,54%), siendo esta baja estadísticamente significativa ( $p = 0,000$ ). Tras una semana de tratamiento, la conductancia comienza a aumentar, siendo este aumento estadísticamente significativo ( $p = 0,011$ ). Entre el día 7 y 14, si bien se produce un nuevo aumento de la conductancia, no se observa una diferencia estadísticamente significativa entre ellos ( $p = 0,758$ ). No existe diferencia entre el valor post grabado y el valor a los 7 y 14 días ( $p = 0,07$ ,  $p = 0,661$ ) respectivamente (tabla 8).

Tabla 8. Anova grupo A

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	35368,549	3	11789,516	13,494	,000
Intra-grupos	48926,553	56	873,688		
Total	84295,102	59			

En el grupo B se observa que, inmediatamente posterior al tratamiento con ácido oxálico, se genera la mayor disminución en la conductancia hidráulica (63,66%), siendo esta baja estadísticamente significativa ( $p = 0,000$ ). Tras una semana de tratamiento, la conductancia comienza a aumentar, siendo este aumento estadísticamente significativo ( $p = 0,014$ ). Entre el día 7 y 14, si bien se produce un nuevo aumento de la conductancia,

Table 7. ANOVA

		Sum of squares	DF	Root mean square	F	Sig.
c_14_d	Between groups	1484.661	2	742.331	581	564
	Within groups	53620.224	42	1276.672		
	Total	55104.885	44			
c_7_d	Between groups	729.370	2	364.685	203	817
	Within groups	75368.293	42	1794.483		
	Total	76097.663	44			
c_post	Between groups	1194.094	2	597.047	1.748	187
	Within groups	14348.120	42	341.622		
	Total	15542.214	44			

There is no difference among the groups immediately after application ( $p = 0.187$ ), 7 days afterwards ( $p = 0.817$ ), or 14 days later ( $p = 0.564$ ).

Group A shows that the largest decrease in hydraulic conductance (64.54%) occurs immediately after treatment with oxalic acid, and this decrease is statistically significant ( $p = 0.000$ ). After one week of treatment, conductance begins to increase, being statistically significant ( $p = 0.011$ ). Between days 7 and 14, while a new increase in conductance occurs, there is no statistically significant difference between them ( $p = 0.758$ ). There is no difference between the post-etching value and the value 7 and 14 days later ( $p = 0.07$ ,  $p = 0.661$ ) respectively (table 8).

Table 8. ANOVA Group A

	Sum of squares	DF	Root mean square	F	Sig.
Between groups	35368.549	3	11789.516	13.494	000
Within groups	48926.553	56	873.688		
Total	84295.102	59			

Group B shows that the largest decrease in hydraulic conductance (63.66%) occurs immediately after treatment with oxalic acid, and this decrease is statistically significant ( $p = 0.000$ ). After one week of treatment, conductance begins to increase, being statistically significant ( $p = 0.014$ ). Between days 7 and 14, while a new increase of conductance occurs,

no se observa una diferencia estadísticamente significativa entre ellos ( $p = 0,951$ ). No existe diferencia entre el valor post grabado y el valor a los 7 y 14 días ( $p = 0,118$ ,  $p = 0,089$ ) respectivamente (tabla 9).

Tabla 9. Anova grupo B

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	32204,511	3	10734,837	16,165	,000
Intra-grupos	37188,615	56	664,082		
Total	69393,126	59			

En el grupo C se observa que, inmediatamente posterior al tratamiento con ácido oxálico, se genera la mayor disminución en la conductancia hidráulica (75,01%), siendo esta baja estadísticamente significativa ( $p = 0,000$ ). Tras una semana de tratamiento, la conductancia comienza a aumentar, siendo este aumento estadísticamente significativo ( $p = 0,031$ ). Entre el día 7 y 14, si bien se produce un nuevo aumento de la conductancia, no se observa una diferencia estadísticamente significativa entre ellos ( $p = 0,958$ ). No existe diferencia entre el valor post grabado y el valor a los 7 y 14 días ( $p = 0,074$ ,  $p = 0,081$ ) respectivamente (tabla 10).

Tabla 10. Anova Grupo C

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	43507,345	3	14502,448	14,193	,000
Intra-grupos	57221,469	56	1021,812		
Total	100728,815	59			

a grupo = grupo C

## DISCUSIÓN

La medición de los cambios en la permeabilidad o en el flujo de fluidos a través de la dentina, ha sido frecuentemente utilizada para evaluar la capacidad de sellado de los materiales restauradores adhesivos y no adhesivos, el potencial tóxico de los materiales dentales, la efectividad de pastas dentales y materiales desensibilizantes y la absorción de sustancias o el efecto de diversos

there is no statistically significant difference between them ( $p = 0.951$ ). There is no difference between the post-etching value and the value 7 and 14 days later ( $p = 0.118$ ,  $p = 0.089$ ) respectively (table 9).

Table 9. ANOVA Group B

	Sum of squares	DF	Root mean square	F	Sig.
Between groups	32204.511	3	10734.837	16.165	.000
Within groups	37188.615	56	664.082		
Total	69393.126	59			

Group C shows that the largest decrease in hydraulic conductance (75.01%) occurs immediately after treatment with oxalic acid, and this decrease is statistically significant ( $p = 0.000$ ). After one week of treatment, conductance begins to increase, being statistically significant ( $p = 0.031$ ). Between days 7 and 14, while a new increase of conductance occurs, there is no statistically significant difference between them ( $p = 0.958$ ). There is no difference between the post-etching value and the value 7 and 14 days later ( $p = 0.074$ ,  $p = 0.081$ ) respectively (table 10).

Table 10. ANOVA Group C

	Sum of squares	DF	Root mean square	F	Sig.
Between groups	43507.345	3	14502.448	14.193	.000
Within groups	57221.469	56	1021.812		
Total	100728.815	59			

## DISCUSSION

The measurement of changes in permeability or fluids flow through dentin has been frequently used to assess the sealing ability of adhesive and non-adhesive restorative materials, the toxic potential of dental materials, the effectiveness of toothpastes and desensitizing materials, the absorption of substances, or the effect of various

procedimientos clínicos.<sup>16</sup> Este estudio estuvo basado en el método usado por Reeder y colaboradores<sup>14</sup> en estudios de permeabilidad, los cuales se caracterizan por ser sistemas simples, efectivos y económicos.

El objetivo del tratamiento con agentes desensibilizantes es reducir la conductancia hidráulica a valores cercanos a un 10-20% (de la permeabilidad total),<sup>9</sup> como los obtenidos con el barro dentinario, ya que múltiples estudios reportan que la presencia de este es responsable del 80-85% de la resistencia al flujo de fluido a través de la dentina.<sup>10</sup> Las conductancias obtenidas después de la aplicación del ácido oxálico, fueron entre un 24 y un 36% de la máxima permeabilidad, que si bien son mayores al rango esperado, son estadísticamente significativas por lo que podrían ser consideradas como un buen predictor del poder oclusivo del material estudiado.

La aplicación de esta Solución comercial de desensibilizante dentinario demostró ser efectiva en reducir la permeabilidad dentinaria, al ser aplicada sobre dentina previamente grabada, siendo esta disminución estadísticamente significativa ( $p < 0,05$ ), lo que es coherente con los estudios de conductancia que evalúan agentes en base a oxalatos.<sup>4, 10, 17, 18</sup> Esta eficacia ha sido probada, tanto en dentina con barro dentinario intacto,<sup>4</sup> donde ha demostrado reemplazarlo por una capa de cristales, así como en dentina previamente grabada mediante la formación sub superficial de cristales.

Yiu y colaboradores,<sup>19</sup> en un estudio de permeabilidad que utilizó la misma solución comercial de desensibilizante dentinario, reportaron que el porcentaje de reducción de la conductancia es incluso mayor que el obtenido con una serie de agentes adhesivos. El porcentaje de reducción de la conductancia hidráulica tras la aplicación de ácido oxálico, con nuestra Solución comercial de desensibilizante dentinario, en este trabajo fue de entre 63 y 75%, valores que son levemente menores que los porcentajes descritos en la literatura, los cuales varían entre 75 a 98,4%.<sup>9, 10, 18-20</sup> Yiu y colaboradores<sup>19</sup> reportaron que la disminución de la conductancia hidráulica tras la aplicación del agente por 30 s sobre dentina grabada,

clinical procedures.<sup>16</sup> This study was based on the method used by Reeder et al<sup>14</sup> in permeability studies characterized by simple, effective, and economic systems.

The goal of treatment with desensitizing agents is to reduce hydraulic conductance to values close to 10-20% (of total permeability),<sup>9</sup> such as those obtained with dentinal smear layer, since many studies report that its presence is responsible for 80-85% of the resistance to fluid flow through dentin.<sup>10</sup> The conductance values obtained after oxalic acid application were between 24 and 36% of maximum permeability, which even though are higher than the expected range are statistically significant so they could be considered as a good predictor of the occlusive power of the studied material.

The application of this commercial solution of dentinal desensitizer proved to be effective in reducing dentinal permeability when applied on previously-etched dentin, with a statistically significant reduction ( $p < 0.05$ ), which is consistent with conductance studies that evaluate oxalate-based agents.<sup>4, 10, 17, 18</sup> This efficacy has been proven in dentin with intact smear layer,<sup>4</sup> where it has been shown to be replaced with a layer of crystals, as well as in previously-etched dentin with sub-surface formation of crystals.

In a permeability study using the same commercial solution of dentin desensitizer, Yiu et al<sup>19</sup> reported that the percentage of conductance reduction is even higher than the one obtained with a series of adhesive agents. The percentage of reduction of hydraulic conductance following the application of oxalic acid with our commercial solution of dentin desensitizer ranged from 63 to 75% in our study—values slightly lower than the percentages described in the literature, which range from 75 to 98.4%—. <sup>9, 10, 18-20</sup> Yiu et al<sup>19</sup> reported that hydraulic conductance reduction following the application of the agent for 30 s on etched dentin

fue de entre 88 a 91%. No obstante, aun cuando el porcentaje obtenido en el presente estudio es levemente menor, se estableció que la reducción de la permeabilidad en los tres grupos de estudio, inmediatamente tras la aplicación de ácido oxálico, es estadísticamente significativa respecto a la permeabilidad máxima de los discos.

Estas diferencias en los porcentajes de reducción entre lo descrito en la literatura y el presente trabajo, podrían deberse a diferencias en las metodologías de los estudios, o bien a una deficiencia propia del agente utilizado.<sup>2</sup> Desde el punto de vista de la metodología, el presente trabajo presenta ciertas diferencias con los estudios ya publicados. El sistema necesita de cierta presión para que la burbuja se ponga en movimiento. Este estudio utilizó una presión de 20cmH<sub>2</sub>O, el cual es un valor cercano a la presión fisiológica de la pulpa dental ( $\pm 14$ cmH<sub>2</sub>O), pero que es muy inferior a la presión, que es ocupada por muchos de los estudios que van entre los 700 y los 1050cmH<sub>2</sub>O.<sup>4, 9, 10, 18</sup> Estos valores son utilizados para tener una mayor velocidad de lectura, ya que los experimentos que son llevados a cabo con presión reducida presentan demora en la lectura y fatiga del operador, debido a que la burbuja se mueve muy lento.<sup>18</sup>

En el modelo experimental utilizado, la presión está determinada por la altura de la columna de agua, a diferencia de otros estudios que utilizan nitrógeno, lo que les permite obtener niveles de presión mayores. Sin embargo, la presión utilizada pierde relevancia, ya que la fórmula matemática de la conductancia hidráulica estandariza los resultados. No obstante, se ha descrito que la cantidad de presión aplicada y el tiempo de aplicación de esta pueden interferir de alguna forma con la medición de la conductancia hidráulica.<sup>21</sup> Un incremento de la resistencia al flujo puede ocurrir bajo grandes presiones, sobre 53,3 KPa (551,3 mmH<sub>2</sub>O), debido a la compresión del contenido intratubular contra las paredes de los túbulos, reduciendo los valores de conductancia hidráulica, mientras que la presión fisiológica no afecta el contenido tubular llevando a resultados más cercanos a aquellos que se dan in vivo.<sup>21</sup>

was between 88 and 91%. However, even though the percentage obtained in the present study is slightly lower, it was possible to establish that the permeability reduction in the three study groups immediately after the application of oxalic acid is statistically significant with respect to the disc's maximum permeability.

These differences in reduction percentage between the literature reports and the present study could be due to differences in the studies' methodologies or to deficiencies of the agent used.<sup>2</sup> From the methodological point of view, this project presents some differences with the studies already published. The system needs some pressure for the bubble to set in motion. This study used a pressure of 20 cmH<sub>2</sub>O, which is close to the physiological pressure of dental pulp ( $\pm 14$  cmH<sub>2</sub>O) but much lower than the pressure used by many studies that range between 700 and 1050 cmH<sub>2</sub>O.<sup>4, 9, 10, 18</sup> These values are used to have faster reading speeds, since the experiments carried out with reduced pressure experience reading delays and operator fatigue because of the bubble moving very slowly.<sup>18</sup>

In the experimental model we used, pressure is determined by the height of the column of water, unlike other studies that use nitrogen, allowing higher pressure levels. However, the used pressure loses relevance since the mathematical hydraulic conductance formula standardizes the results. However, it has been described that the amount of applied pressure and application time can somehow interfere with hydraulic conductance measurements.<sup>21</sup> An increase in flow resistance can occur under great pressure, over 53.3 KPa (551.3 mmH<sub>2</sub>O), due to compression of intratubular content against the walls of the tubules, reducing hydraulic conductance values, while physiological pressure does not affect the tubular content providing results closer to those that occur in vivo.<sup>21</sup>

Por otra parte, los estudios publicados utilizan un área estándar de filtración que es igual para todos los discos, y que se obtiene mediante la utilización de un par de anillos de goma de igual medida que se colocan tanto por el lado pulpar como el oclusal de los discos.<sup>4, 18, 19, 22, 23</sup> Este sistema de medición del área no fue utilizado, ya que no considera la variabilidad regional de la permeabilidad en la dentina. La medición en el centro del disco (que es una zona de baja permeabilidad) habitualmente genera una sobre estimación de la conductancia hidráulica, ya que los anillos de goma se superponen a las áreas más permeables, que es la de los cuernos pulpares.<sup>24</sup> En este trabajo el cálculo del área se hizo mediante un *software* computacional *ImageJ*,<sup>15</sup> en el cual se debe hacer una delimitación manual del límite amelodentinario. Con el sistema utilizado no es posible determinar variaciones muy pequeñas en el flujo de fluido, lo que está determinado por el volumen del capilar.<sup>16</sup> El volumen de la micro pipeta empleada determinó que la mínima variación en la permeabilidad que pudo ser detectada es de 0,001ml, que corresponde a la diferencia entre una marca de calibración y otra, lo que origina que cualquier cambio en la permeabilidad menor a dicho valor no pueda ser detectado con precisión.

A diferencia de este estudio, Yiu y colaboradores<sup>19</sup> utilizaron el sistema FLODEC para la medición de la conductancia, en el cual la evaluación del movimiento de la burbuja es automática y en el que, por el diseño del capilar milimetrado, se pueden detectar pequeños cambios en el flujo de fluido<sup>16</sup>. Se ha determinado que los resultados obtenidos mediante estos dos métodos son intercambiables, aunque no son idénticos.<sup>16</sup> Con respecto al agente utilizado, la efectividad de este se relaciona principalmente con el pH y la concentración de la solución, siendo importantes en la cantidad de cristales que precipitan. Solución comercial de desensibilizante dentinario, de acuerdo a su fabricante, presenta un pH de entre 1,5 a 1,8, levemente más bajo que el de los agentes utilizados en otros estudios, que en general presentan pH de entre 2 a 4.<sup>4, 10, 23</sup> Dado que en la literatura se describe que mientras más ácido es un gel mayor capacidad tendrá de liberar calcio desde la dentina para reaccionar con

On the other hand, the published studies use a standard filtration area that is the same for all discs, which is obtained by using a pair of rubber rings with equal dimensions placed on the discs' pulp side and the occlusal side.<sup>4, 18, 19, 22, 23</sup> This system of area measurement was not used since it does not consider the regional variability of dentin permeability. Measurements in the center of discs (which is a low permeability area) usually produce overestimation of hydraulic conductance since the rubber rings overlap the more permeable areas—that of the pulp horns—. <sup>24</sup>In this study, area was calculated by *ImageJ*,<sup>15</sup> a computer software which requires manual delimitation of the enamel dentine junction. This system does not allow determining very small variations in fluid flow, which is determined by capillary volume.<sup>16</sup> The volume of the micro pipette we used showed that the minimal permeability variation we could detect was 0.001 ml, which corresponds to the difference between a calibration mark and the other, which impedes the accurate detection of any permeability changes lower than this value.

In contrast to the present study, Yiu et al<sup>19</sup> used the FLODEC system to measure conductance; in that system, evaluation of the bubble's movement is automatic and thanks to the capillary graph design it can detect small changes in fluid flow.<sup>16</sup> It has been shown that results obtained using these two methods are interchangeable, although they are not identical.<sup>16</sup> Concerning the agent used, its effectiveness is mainly related to pH and solution concentration as they are relevant in terms of the amount of crystals they precipitate. According to the manufacturer, the commercial solution of dentin desensitizer has a pH ranging from 1.5 to 1.8, which is slightly lower than that of the agents used in other studies, whose pH ranges from 2 to 4.<sup>4, 10, 23</sup> Since the literature reports that the more acid the gel the greater capacity it will have to release calcium from dentin to react with



los iones oxalato, se esperó que esta solución comercial de desensibilizante dentinario fuera capaz de liberar una cantidad suficiente de calcio para reaccionar con el ácido oxálico.

El tamaño del cristal precipitado, por otra parte, se piensa que tendría relación con la concentración del agente, una condición que podría afectar el poder oclusivo de la formulación, demostrándose que una solución en base a oxalato de potasio al 30% origina cristales de mucho mayor tamaño que aquellos producidos por una solución al 3%.<sup>4, 25</sup> La MEB ha mostrado que esta solución comercial de desensibilizante dentinario genera cristales de apariencia angular que, sobre dentina grabada, se localizan en el interior de los túbulos a una distancia de 10-15  $\mu\text{m}$  desde la superficie dentinaria, bloqueando los túbulos y sus ramas laterales.<sup>19</sup> Sin embargo, el fabricante no proporciona una concentración específica de ácido oxálico, sino más bien un rango de esta,  $< 5\%$ , lo que podría explicar la diferencia en los porcentajes de disminución de la permeabilidad, ya que la concentración pudo haber sido muy baja. La concentración molar del ácido oxálico fue de  $3,17 \times 10^{-2}$ , lo que equivale a un  $\% \text{ p/v} = 0,285$ , la cual es mucho más baja que la utilizada en otros estudios, que varía entre 3 a 6%. Sin embargo, se debe tener en cuenta que este es sólo un cálculo referencial hecho en este estudio.

El test de ANOVA permitió determinar que no existe diferencia estadísticamente significativa ( $p > 0,05$ ) en la reducción de la conductancia hidráulica, tras la aplicación de ácido oxálico por 15, 30 o 60 s, en ninguno de los tres tiempos de medición. Esto es consistente con la información disponible, en que si bien se ocupan las mismas formulaciones de ácido oxálico, lo hacen por distintos tiempos de aplicación y con resultados similares, como lo que sucede con el oxalato de potasio monohidratado al 3%, pH 2,5 o 4, que es uno de los agentes más utilizado en los estudios.

Pereira y colaboradores<sup>9</sup> midieron la conductancia hidráulica tras la aplicación de este por 4 min; Santiago y colaboradores<sup>18</sup> lo utilizaron sobre superficies dentinarias

the oxalate ions, we expected that this commercial solution of dentin desensitizer would be capable of releasing a sufficient amount of calcium to react with oxalic acid.

On the other hand, the size of the precipitated crystal is thought to be related to the concentration of agent—a condition that could affect the occlusive power of the formulation, demonstrating that a 30% potassium oxalate-based solution causes crystals of much bigger size than those produced by a 3% solution.<sup>4, 25</sup> SEM has shown that this commercial solution of dentin desensitizer produces crystals of angular appearance which on etched dentin are located in the interior of tubules at a distance of 10-15  $\mu\text{m}$  from the dentin surface, blocking the tubules and their lateral branches.<sup>19</sup> However, the manufacturer does not provide a specific concentration of oxalic acid but rather a range of  $< 5\%$ , which could explain the difference in permeability reduction percentages, since the concentration could have been very low. The molar concentration of oxalic acid was  $3.17 \times 10^{-2}$ , which is equivalent to a percentage of  $w/v = 0.285$  and is much lower than that used in other studies, ranging from 3 to 6%. However, it should be taken into account that this is only a reference calculation made in this study.

The ANOVA test showed that there is no statistically significant difference ( $p > 0.05$ ) in hydraulic conductance reduction following application of oxalic acid for 15, 30 or 60 s in none of the three measurement times. This is consistent with the available information in that, while the same formulations of oxalic acid are used, it is done at different application times and with similar results, as happens with 3% potassium oxalate monohydrate, pH 2.5 or 4, which is one of the most widely used in the studies.

Pereira et al<sup>9</sup> measured hydraulic conductance following the application of it for 4 min; Santiago et al<sup>18</sup> used it on dentin surfaces

por 3 min, mientras Pashley y colaboradores<sup>4</sup> lo hicieron por solo 2 min. En los tres estudios se determinó que la utilización de esta formulación genera una disminución de la conductancia hidráulica, que es estadísticamente significativa con respecto a la máxima permeabilidad de dichos discos, independiente del tiempo de aplicación.

Una revisión bibliográfica reciente concluye que este es eficaz en el tratamiento de la sensibilidad dentinaria, aun cuando los estudios que son incluidos en esta presentan tiempos de aplicación que varían entre 15 s a 3 min.<sup>26</sup> Jain y colaboradores<sup>11</sup> utilizaron oxalato férrico sobre discos de dentina, demostrando que tras un día de inmersión en saliva artificial se comienza a producir un aumento de la permeabilidad, pero este no fue estadísticamente significativo. Más tarde, Suge y colaboradores<sup>27</sup> midieron la duración de la oclusión de los túbulos dentinarios utilizando una solución en base a oxalato de potasio, concluyendo que, tras 7 días de almacenamiento en saliva artificial, se produce un aumento gradual y constante de la permeabilidad y que esta inmersión genera una alta concentración de iones oxalatos en el medio, indicando la disolución del oxalato de calcio.

El análisis de MEB confirma que luego de siete días de exposición al medio oral la superficie muestra pocos cristales sobre la superficie dentinaria y los túbulos se muestran nuevamente abiertos. La solubilidad del oxalato de calcio es de importancia para determinar la duración en el tiempo de la oclusión de los túbulos dentinarios. Si bien se ha postulado que estos forman capas de cristales ácidos resistentes al reaccionar con el calcio de la dentina,<sup>4, 10, 23</sup> otros estudios sostienen que los cristales de oxalato de calcio son ácido lábiles y pueden ser fácilmente removidos de la superficie dentinaria, estableciéndose que la solubilidad del oxalato de calcio es sensible a cambios de pH, ya que su anión es la base conjugada de un ácido débil.<sup>19</sup>

De acuerdo al principio de Le Chatelier's, cuando los cristales de oxalato de calcio se encuentran expuestos a  $H_3O^+$ , este se disocia en iones de calcio y de oxalato para compensar el agotamiento de iones oxalatos producto de la formación de ácido oxálico, y así mantener

for 3 min, while Pashley et al<sup>4</sup> did it for only 2 min. These three studies showed that the use of this formula decreases hydraulic conductance in a statistically significant manner with respect to the discs' maximum permeability, regardless of application time.

A recent literature review concludes that this is effective in the treatment of dentin sensitivity, even though the included studies use application times ranging from 15 s to 3 min.<sup>26</sup> Jain et al<sup>11</sup> used ferric oxalate on dentin discs, showing that an increase in permeability starts to happen after one day of immersion in artificial saliva, but this was not statistically significant. Later, Suge et al<sup>27</sup> measured the duration of dentinal tubules occlusion by using a potassium oxalate-based solution, concluding that after 7 days of storage in artificial saliva there is a gradual and steady increase of permeability and this immersion generates a high concentration of oxalate ions in the medium, indicating dissolution of calcium oxalate.

SEM analysis confirms that after seven days of exposure to the oral environment, the surface shows few crystals on the dentin surface and the tubules appear once again open. The solubility of calcium oxalate is important to determine the duration of dentinal tubules occlusion. Although it has been suggested that they form layers of resistant acid crystals when reacting with calcium from the dentin,<sup>4, 10, 23</sup> other studies argue that calcium oxalate crystals are acid-labile and can be easily removed from the dentin surface, suggesting that the solubility of calcium oxalate is sensitive to pH changes since its anion is the conjugate base of a weak acid.<sup>19</sup>

According to Le Chatelier's principle, when calcium oxalate crystals are exposed to  $H_3O^+$  it dissociates into calcium and oxalate ions to compensate for the depletion of ions oxalates produced by the formation of oxalic acid and thus maintain

un equilibrio constante.<sup>19</sup> Es probable que, debido a esto, la duración de la oclusión en el presente estudio fuera de corta duración, ya que el suero fisiológico utilizado como medio de almacenamiento presenta un pH de entre 5,5 a 7, levemente ácido, lo que pudo generar la disolución de los cristales de oxalato de calcio. Cuando se almacena un cristal como el oxalato de calcio en una solución, se produce un equilibrio entre ambos medios, la fase sólida (cristal) y líquida. Si el oxalato de calcio es sumergido en saliva artificial, la disolución parcial del oxalato de calcio lleva a la solución a un equilibrio con respecto a este. En el medio oral, el oxalato de calcio enfrentaría continuamente saliva fresca, que no contiene iones de oxalato, por lo que su disolución continuaría lenta pero sostenidamente hasta alcanzar un nuevo estado de equilibrio.<sup>27</sup> Además, la solubilidad de este compuesto iónico cambia si la solución se hace suficientemente ácida o básica.

El oxalato ( $C_2O_4$ )-2 es la base conjugada del ácido oxálico ( $H_2C_2O_4$ ), por lo tanto, cuando el medio se acidifica se produce la protonación del anión para formar el ácido. Al disminuir el oxalato el sistema tiende a reponerlo disolviendo más oxalato de calcio. Tomaremos como base este ejemplo, ya que otras sales con aniones básicos como el oxalato ( $C_2O_4$ )-2, se comportarían en forma análoga.

Se establece que la solubilidad de las sales poco solubles que contienen aniones básicos, aumenta a medida que el pH baja. Esto podría explicar por qué los oxalatos presentan una reducción de la sensibilidad que es solo temporal, ya que el pH normal de la saliva es de 6-7, levemente ácida y con fluctuaciones entre 5,3 a 7,8,<sup>28</sup> lo que contribuiría a acelerar la disolución de estos cristales en la boca. La disminución de la permeabilidad dentinaria es de importancia para el tratamiento de la sensibilidad, ya que, de acuerdo a la teoría hidrodinámica, la oclusión de los túbulos dentinarios disminuye el flujo de fluidos al interior de ellos frente a los estímulos que evocan el dolor.

Los oxalatos poseen esta capacidad de oclusión, como se ha mostrado en este trabajo, mediante la disminución de la conductancia hidráulica; sin embargo, el aumento

a constant balance.<sup>19</sup> It is likely that, because of this, occlusion in the present study was of a short duration, since the saline solution used as storage medium has a pH between 5.5 and 7, slightly acid, which could generate dissolution of calcium oxalate crystals. When a crystal such as calcium oxalate is stored in a solution, there is a balance between both mediums: the solid (glass) and the liquid phase. If calcium oxalate is immersed in artificial saliva, the partial dissolution of calcium oxalate brings the solution to a balance with regard to it. In the oral environment, calcium oxalate would continuously find fresh saliva, which does not contain oxalate ions, so its dissolution would continue slowly but steadily until reaching a new state of balance.<sup>27</sup> Furthermore, the solubility of this ionic compound changes if the solution becomes sufficiently acidic or basic.

Oxalate ( $C_2O_4$ )-2 is the conjugate base of oxalic acid ( $H_2C_2O_4$ ); therefore, when the medium is acidified it produces protonation of anion to form the acid. When oxalate is decreased, the system tends to replenish by dissolving more calcium oxalate. We will take this example as a basis, since other salts with basic anions such as oxalate ( $C_2O_4$ )-2 behave similarly.

It has been showed that the solubility of poorly soluble salts containing basic anions increases as pH decreases. This could explain why oxalates experience a sensitivity reduction which is only temporary, since the normal pH of saliva is 6 to 7, slightly acidic, with fluctuations between 5.3 and 7.8,<sup>28</sup> which would contribute to speed up these crystals dissolution in the mouth. Dentine permeability decrease is important in the treatment of sensitivity since according to the hydrodynamics theory the occlusion of dentinal tubules decreases the flow of fluids inside them in the presence of stimuli that cause pain.

As shown in this study, oxalates have this occlusion ability by reducing hydraulic conductance; however, the hydraulic conductance increase until

de esta a los siete días sugiere una pérdida de dicha oclusión tubular, lo que generaría un retorno de la sensibilidad en este periodo, lo que se contrapone a los resultados clínicos que muestran que Solución comercial de desensibilizante dentinario fue eficaz en reducir la sensibilidad por un periodo de hasta 4 semanas.<sup>8,29</sup> Sin embargo, se debe tener en cuenta que en estos trabajos se ha utilizado una capa de adhesivo tras la aplicación del agente, lo que ayudaría a retrasar la pérdida de los cristales, lo cual no fue objetivo del trabajo.<sup>30</sup>

Aun cuando la oclusión dada por los cristales de oxalato de calcio parece ser de corta duración, se ha sugerido que la aplicación de estos agentes puede reducir la sensibilidad dentinaria antes de que tenga lugar la oclusión natural de los túbulos a partir de minerales de la saliva, la cual parece tener lugar dentro de 28 días tras la exposición de los túbulos.<sup>31</sup>

Dentro de las limitaciones del estudio están el no haber utilizado adhesivo posteriormente como indican los fabricantes, luego de la aplicación de soluciones desensibilizantes dentinarios con base de oxalatos. Sin embargo, el objetivo del trabajo fue pensado en función de entender el efecto del tiempo de aplicación de la solución y poder controlar esta variable, explicando la disolución de cristales en un medio controlado para poder encontrar un estado de probable menor concentración de los cristales en los discos expuesta por este almacenaje en el tiempo.

## CONCLUSIONES

- La aplicación de ácido oxálico en una solución comercial de desensibilizante dentinario, por 15, 30 ó 60 s, disminuye significativamente la conductancia hidráulica a valores cercanos a los del barro dentinario original, de acuerdo a las condiciones experimentales de este estudio, en donde no se utilizó posteriormente adhesivo dentinario.
- El tiempo de aplicación del ácido oxálico no influye en los valores de conductancia hidráulica inmediatamente después de su aplicación, ni a los 7 ó 14 días posteriores.

day seven suggests a loss of such tubular occlusion, which would bring back sensitivity during this period, disagreeing with the clinical findings that show that the commercial solution of dentin desensitizer was effective in reducing sensitivity for a period of up to 4 weeks.<sup>8,29</sup> However, it should be noted that those studies used an adhesive layer following application of the agent, which would help slow down the loss of crystals, which was not an objective of the present study.<sup>30</sup>

Even though the occlusion produced by calcium oxalate crystals appears to be brief, it has been suggested that applying these agents can reduce dentin sensitivity before manifestation of the natural occlusion of tubules from minerals in the saliva, which seems to take place within 28 days after tubules exposure.<sup>31</sup>

Limitations of the present study include not using an adhesive, as indicated by the manufacturers, after applying oxalate-based dentin desensitizer solutions. However, this study sought to understand the effect of solution application time in order to be able to control this variable, by explaining crystals dissolution in a controlled environment and to find a probable state of lower concentration of crystals in exposed discs due to storing over time.

## CONCLUSIONS

- Application of oxalic acid in a commercial solution of dentin desensitizer for 15, 30 or 60 s significantly reduces hydraulic conductance to values close to the original dentinal smear layer, according to the experimental conditions of this study, where dentin adhesive was not subsequently used.
- Oxalic acid application times do not affect hydraulic conductance values immediately after application, nor 7 or 14 days later.

- Tras siete días de almacenamiento, se produce un aumento estadísticamente significativo de la conductancia hidráulica, que alcanza niveles similares a los de máxima permeabilidad tras el grabado ácido, bajo las condiciones experimentales de nuestro estudio.

## CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

## CORRESPONDENCIA

Eduardo Fernández Godoy  
Olivos 943- Independencia  
Universidad de Chile  
Santiago, Chile  
Correo electrónico: edofdez@yahoo.com

- After seven days of storage, there is a statistically significant increase in hydraulic conductance, which reaches levels similar to maximum permeability after acid etching, under the experimental conditions of our study.

## CONFLICT OF INTEREST

The authors declare not having conflicts of interest.

## CORRESPONDING AUTHOR

Eduardo Fernández Godoy  
Olivos 943- Independencia  
Universidad de Chile  
Santiago, Chile  
E-mail: edofdez@yahoo.com

## REFERENCIAS/REFERENCES

1. Goldberg M, Kulkarni AB, Young M, Boskey A. Dentin: structure, composition and mineralization. *Front Biosci* 2011; 3: 711-735.
2. Bodecker CF, Lefkowitz W. Further observations on vital staining of dentin and enamel. *J Dent Res* 1946; 25(5): 387-399.
3. Vachiramon V, Vargas MA, Pashley DH, Tay FR, Geraldini S, Qian F et al. Effects of oxalate on dentin bond after 3-month simulated pulpal pressure. *J Dent* 2008; 36(3): 178-185.
4. Pashley DH, Carvalho RM. Dentine permeability and dentine adhesion. *J Dent* 1997; 25(5): 355-372.
5. Pashley DH, Depew DD. Effects of the smear layer, Copalite, and oxalate on microleakage. *Oper Dent* 1986; 11(3): 95-102.
6. Soares DG, Ribeiro AP, Sacono NT, Coldebella CR, Hebling J, Costa CA. Transenamel and transdental cytotoxicity of carbamide peroxide bleaching gels on odontoblast-like MDPC-23 cells. *Int Endod J* 2011; 44(2): 116-125.
7. Lanza CR, de Souza Costa CA, Furlan M, Alécio A, Hebling J. Transdental diffusion and cytotoxicity of self-etching adhesive systems. *Cell Biol Toxicol* 2009; 25(6): 533-543.
8. Lessa FC, Nogueira I, Huck C, Hebling J, Costa CA. Transdental cytotoxic effects of different concentrations of chlorhexidine gel applied on acid-conditioned dentin substrate. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2010; 92(1): 40-47.
9. Erdemir U, Yildiz E, Kilic I, Yucel T, Ozel S. The efficacy of three desensitizing agents used to treat dentin hypersensitivity. *J Am Dent Assoc* 2010; 141(3): 285-296.
10. Pereira JC, Segala AD, Gillam DG. Effect of desensitizing agents on the hydraulic conductance of human dentin subjected to different surface pre-treatments--an in vitro study. *Dent Mater* 2005; 21(2): 129-138.
11. Jain P, Reinhardt JW, Krell KV. Effect of dentin desensitizers and dentin bonding agents on dentin permeability. *Am J Dent* 2000; 13(1): 21-27.

12. Andersen A. Final report on the safety assessment of sodium p-chloro-m-cresol, p-chloro-m-cresol, chlorothymol, mixed cresols, m-cresol, o-cresol, p-cresol, isopropyl cresols, thymol, o-cymen-5-ol, and carvacrol. *Int J Toxicol* 2006; 25 Suppl 1: 29-127.
13. Araya F, Sommariva C, Moncada G, Cartagena A, Letelier C, Oliveira O Jr et al. Efecto del almacenamiento en solución de HBSS sobre la difusión transdentinaría en terceros molares extraídos. *Rev Fac Odontol Univ Antioq* 2013; 25(1): 158-175.
14. Hevia J, Fresno C, Martín J, Moncada G, Letelier C, Oliveira Junior OB et al. Modelo de conductancia hidráulica de la dentina humana ex vivo. *Rev Clin Periodoncia Implantol Rehabil Oral* 2013; 6(3): 114-117.
15. Reeder OW, Walton RE, Livingston MJ, Pashley DH. Dentin permeability: determinants of hydraulic conductance. *J Dent Res* 1978; 57(2): 187-193.
16. Schneider CA, Rasband WS, Eliceiri KW. NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. *Nat Methods* 2012; 9(7): 671-675.
17. De La Macorra JC, Escribano NI. Comparison of two methods to measure permeability of dentin. *J Biomed Mater Res* 2002; 63(5): 531-534.
18. Pashley EL, Tao L, Derkson G, Pashley DH. Dentin permeability and bond strengths after various surface treatments. *Dent Mater* 1989; 5(6): 375-378.
19. Santiago SL, Pereira JC, Martineli AC. Effect of commercially available and experimental potassium oxalate-based dentin desensitizing agents in dentin permeability: influence of time and filtration system. *Braz Dent J* 2006; 17(4): 300-305.
20. Yiu CK, Hiraishi N, Chersoni S, Breschi L, Ferrari M, Prati C et al. Single-bottle adhesives behave as permeable membranes after polymerisation. II. Differential permeability reduction with an oxalate desensitiser. *J Dent* 2006; 34(2): 106-116.
21. Greenhill JD, Pashley DH. The effects of desensitizing agents on the hydraulic conductance of human dentin in vitro. *J Dent Res* 1981; 60(3): 686-698.
22. Camps J, Martin P, Ladeque P, Rieu R, Fuseri J. Influence of tooth cryopreservation on human dentin permeability, in vitro. *Dent Mater* 1994; 10(3): 210-214.
23. Derkson GD, Pashley DH, Derkson ME. Microleakage measurement of selected restorative materials: a new in vitro method. *J Prosthet Dent* 1986; 56(4): 435-440.
24. Pashley DH. Dentin permeability, dentin sensitivity, and treatment through tubule occlusion. *J Endod* 1986; 12(10): 465-474.
25. Pashley DH, Andringa HJ, Derkson GD, Derkson ME, Kalathoor SR. Regional variability in the permeability of human dentine. *Arch Oral Biol* 1987; 32(7): 519-523.
26. Muzzin KB, Johnson R. Effects of potassium oxalate on dentin hypersensitivity in vivo. *J Periodontol* 1989; 60(3): 151-158.
27. Cunha-Cruz J, Stout JR, Heaton LJ, Wataha JC. Dentin hypersensitivity and oxalates: a systematic review. *J Dent Res* 2011; 90(3): 304-310.
28. Suge T, Ishikawa K, Kawasaki A, Yoshiyama M, Asaoka K, Ebisu S. Duration of dentinal tubule occlusion formed by calcium phosphate precipitation method: in vitro evaluation using synthetic saliva. *J Dent Res* 1995; 74(10): 1709-1714.
29. Humphrey SP, Williamson RT. A review of saliva: normal composition, flow, and function. *J Prosthet Dent* 2001; 85(2): 162-169.
30. Pamir T, Kaya AD, Baksi BG, Sen BH, Boyacioglu H. The influence of bonding agents on the decision to replace composite restorations. *Oper Dent* 2010; 35(5): 572-578.
31. Yiu CK, King NM, Suh BI, Sharp LJ, Carvalho RM, Pashley DH et al. Incompatibility of oxalate desensitizers with acidic, fluoride-containing total-etch adhesives. *J Dent Res* 2005; 84(8): 730-735.
32. Kerns DG, Scheidt MJ, Pashley DH, Horner JA, Strong SL, Van Dyke TE. Dentinal tubule occlusion and root hypersensitivity. *J Periodontol* 1991; 62(7): 421-428.