

**Penetración de hipoclorito de sodio en túbulos dentinales: Estudio comparativo de cinco
soluciones mediante tinción con cresyl violeta y Estereomicroscopía**

Alirio José Gutiérrez Fernández, Nelson Junior Ruiz Pérez

Trabajo de grado para optar al título de Especialistas en Endodoncia

Directora

Marcela Moreno Múnera

Ms Ciencias odontológicas

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

División de Ciencias de la Salud

Especialización en endodoncia

2025

Contenido

1.	Introducción	9
1.1	Planteamiento del problema	10
1.2	Pregunta de investigación.....	13
1.3	Justificación	13
2.	Marco teórico	15
2.1	Hipoclorito de sodio	15
2.2	Viscosidad y tension superficial	16
2.3	Ph.....	17
2.4	Temperatura	18
2.5	Concentración.....	19
2.6	Túbulos dentinales.....	20
2.7	Penetración de hipoclorito en los túbulos dentinales... ..	21
2.8	Cresyl violeta	21
2.9	Estereomicroscopio.....	22
2.10	Antecedentes... ..	22
3.	Objetivos	24
3.1	Objetivo general	24
3.2	Objetivos específicos.....	24
4.	Método	25
4.1	Tipo de estudio	25
4.1.1	Selección y descripción de los participantes.....	25
4.1.2	Población.....	25
4.2.	Muestra y tipo de muestreo	25
4.3	Criterios de selección.....	25
4.3.1	Criterios de inclusión	25
4.3.2	Criterios de exclusión... ..	26

4.4	Variables	26
4.5	Procedimiento	27
4.5.1	Recolección y selección del hipoclorito	27
4.5.2	Selección y preparación de muestras de hipoclorito	27
4.5.3	Análisis de muestras de hipoclorito por variables... ..	27
4.5.4	Recolección y selección de dientes... ..	28
4.5.5	Preparación de muestras de dientes... ..	28
4.5.6	Distribución de las muestras de los dientes	29
4.5.7	Instrumentación de los dientes... ..	29
4.5.8	Instrumento... ..	30
4.6	Plan de análisis estadístico... ..	31
4.6.1	Plan de análisis estadístico univariado... ..	31
4.6.2	Plan de análisis estadístico Bivariado... ..	31
5.	Implicaciones bioéticas.....	31
6.	Resultados	32
7.	Discusión.....	36
8.	Limitaciones y perspectivas... ..	39
9.	Conclusiones... ..	39
	Anexos... ..	40
	Apéndice	45
	Referencias	47

Lista de tablas

Tabla 1. <i>Operacionalización de variables.....</i>	26
Tabla 2. <i>Grupos y soluciones de hipoclorito de sodio</i>	29
Tabla 3. <i>Resultados penetracion de hipoclorito de sodio por grupos</i>	32
Tabla 4 <i>Parametros estadisticos principales por grupo.....</i>	33
Tabla 5. <i>Resultados de concentracion, viscosidad, pH de las 5 diferentes marcas.....</i>	34

Lista de figuras

Figura 1. Grafico de Tukey	35
Figura 2. <i>Diagrama de boxplot</i>	36

Lista de Figuras

Figura 1.	.....	40
Figura 2	.....	40
Figura 3	.....	41
Figura 4	.....	41
Figura 5	.....	42
Figura 6	.....	42
Figura 7	.....	43
Figura 8	.....	43
Figura 9	.....	44
Figura 10	.....	44
Figura 11	.....	44

Resumen

Objetivo: Evaluar el nivel de penetración del hipoclorito de sodio en los túbulos dentinales en función del PH, viscosidad y concentración del producto, considerando tres diferentes marcas disponibles en el mercado de uso comercial y dos marcas diferentes de uso odontológico.

Método: Se escogieron tres marcas de NaOCl disponibles en el mercado de uso comercial y dos marcas disponibles en el mercado de uso odontológico y 26 dientes divididos en cinco grupos, 5 dientes por grupo, y 1 diente como control negativo. Se prepararon biomecánicamente, sumergidos en crysol violeta, luego fueron irrigados con dichos hipocloritos de sodio, posteriormente seccionados y evaluados en estereomicroscopía donde se observó el grado de penetración. **Resultados:** Se evaluó la penetración del hipoclorito de sodio en los túbulos dentinales utilizando cinco marcas diferentes (Grupo 1 a Grupo

5. La mayor penetración intratubular se observó en el **Grupo 5** (64,0–110,0 μm) y el **Grupo 1** (63,1– 164,4 μm). **Conclusión:** las propiedades fisicoquímicas de los diferentes NaOCl juegan un papel importante en la penetración de éstos en los túbulos dentinales, se evidenció que algunos hipocloritos de sodio de uso doméstico pueden llegar a ejercer su función de igual forma que los de uso clínico. Sin embargo, éstos deben cumplir con todas las condiciones y aceptaciones de la norma para su ejecución en la práctica clínica, se deben realizar más estudios para confirmar dicha aseveración.

Palabras clave: Penetración, Hipoclorito de sodio, concentración, viscosidad, pH, irrigación, activación.

Abstract

Objective: To establish the level of sodium hypochlorite penetration into dentinal tubules as a function of the product's pH, viscosity, and concentration, considering three different commercially available brands for household use and two different brands for dental use.

Method: Three commercially available brands of NaOCl for household use and two brands for dental use were selected, along with 26 teeth divided into five groups (five teeth per group) and one tooth as a negative control. The teeth were biomechanically prepared, immersed in crystal violet, then irrigated with the respective sodium hypochlorite solutions, subsequently sectioned, and evaluated under a stereomicroscope to observe the degree of penetration.

Results: The penetration of sodium hypochlorite into the dentinal tubules was evaluated using five different brands (Group 1 to Group 5). The greatest intratubular penetration was observed in Group 5 (64.0–110.0 μm) and Group 1 (63.1–164.4 μm). **Conclusion:** The physicochemical properties of the different NaOCl solutions play an important role in their penetration into dentinal tubules. It was observed that some household sodium hypochlorite solutions can perform their function similarly to clinical-use products. However, these must meet all regulatory standards and requirements for clinical application, and further studies are needed to confirm this assertion.

Keywords: Penetration, Sodium hypochlorite, Concentration, Viscosity, pH, Irrigation, Activation.

1. Introducción

Actualmente el tratamiento endodóntico es considerado como uno de los pilares fundamentales en el proceso de preservación dental a través de un elaborado protocolo de preparación y desinfección del sistema de conductos radiculares, dicho protocolo es coadyubado por el hipoclorito de sodio (NaOCl) el cual es el irrigante de mayor eficacia en la eliminación del biofilm y el tejido orgánico (Drews DJ, 03-2023).

Como es bien sabido, el endodoncista algunas veces se enfrenta al fracaso endodóntico y es ahí donde surge la inquietud de conocer si dicho fracaso es el resultado de errores de procedimiento tales como los factores inherentes a la solución irrigadora. La literatura sugiere que la presencia de diferentes accidentes anatómicos como los istmos, los conductos en “C” e incluso la tortuosidad de los mismos túbulos dentinarios, pueden tener un efecto negativo sobre la penetración de la solución irrigadora (Ali A, 2022).

La evidencia sugiere la importancia de una eliminación eficaz de los microorganismos presentes en el conducto radicular, ya que la persistencia de estos puede ser una de las causas del fracaso endodóntico. El *E. faecalis* es un coco gram positivo cuyas características genotípicas lo hacen ser resistente a los procesos de desinfección, este puede sobrevivir a condiciones ambientales adversas y al suministro limitado de nutrientes, también por su pequeño tamaño puede penetrar profundamente hasta 500 µm dentro de los túbulos dentinales, según reporta la literatura. Estas características hacen que su eliminación sea un proceso complejo que no siempre resulta exitoso. (Mokhtari F, 2024)

Por otro lado, siempre se ha considerado al NaOCl como la principal solución irrigadora a la hora del control microbiano de los conductos radiculares. Este compuesto químico es fabricado por laboratorios especializados en productos de uso odontológico. Sin embargo, en el mercado también existe una gran variedad de productos a base de hipoclorito de sodio con

usos completamente diferentes, dentro de los que se encuentran los empleados para la limpieza y desinfección (Saberí EA, 2019).

En este sentido surge la pregunta acerca de la eficacia de los productos de uso doméstico con respecto a los fabricados específicamente para ser usados en el ámbito odontológico. En 2019 se presentó un estudio donde se mostró como algunos profesionales de la salud emplean el hipoclorito de uso doméstico, como alternativa de irrigante, obteniendo resultados muy similares a los que provee el de uso endodóntico (Saberí EA, 2019).

Un aspecto importante a tener en cuenta son los factores que pueden alterar la efectividad de los dos tipos de NaOCl, como lo son sus procesos de fabricación los cuales deben cumplir con las normas ISO 9001 e ISO 14001, las condiciones de almacenamiento y las de transporte. Vale la pena aclarar que el hipoclorito de uso doméstico esta creado para otros fines, por lo tanto, sus condiciones de preservación pueden ser menos estrictas en comparación con el de uso médico (Van der Waal SV, 2014).

Por lo anterior, el propósito del presente estudio fue comparar las características fisicoquímicas de las soluciones de hipoclorito de sodio de uso odontológico con las soluciones de uso doméstico (como se ha sugerido en otros estudios) (Saberí EA, 2019) con este fin se observará la penetración del hipoclorito de sodio dentro de los túbulos dentinales teniendo en cuenta las variables de concentración, pH y viscosidad.

1.1 Planteamiento Del Problema

Actualmente en la terapia endodóntica, el hipoclorito de sodio (NaOCl) es considerado uno de los irrigantes más utilizados gracias a su capacidad para eliminar microorganismos y disolver tejido orgánico presente en el canal radicular, propiciando así, un microambiente con

un nivel subcrítico de microorganismos que predicen en un mayor porcentaje el éxito de la terapia endodóntica (Drews DJ, 03-2023).

Sin embargo, se ha demostrado que la presencia de los diferentes accidentes anatómicos como lo son los istmos, los conductos en “C” e incluso la tortuosidad de los mismos túbulos dentinarios, pueden tener un efecto negativo sobre la penetración de la solución irrigadora (Ali A, 2022). En este sentido surge la necesidad de entender cómo la variación de las características físicas y químicas de las diferentes marcas comerciales de hipoclorito de sodio disponibles en el mercado pueden influenciar el resultado del tratamiento.

La concentración del NaOCl es un factor que influye directamente sobre la acción del producto, especialmente en la disolución de la materia orgánica, así mismo la viscosidad y su pH pueden tener también un efecto sobre la penetración de este agente irrigante. En un estudio publicado en 2013, se enfocaron en cómo potenciar la acción de los irrigantes, especialmente del NaOCl ajustando con mayor precisión en su modo de uso, su concentración, buscando el mejor método de activación entendiendo su nivel de penetración en la mayor cantidad de espacios anatómicos de los conductos radiculares que garanticen la eliminación de microorganismos patógenos presentes (Bukiet F, 10 - 2013).

Por otro lado, cuando se habla de la asequibilidad que tienen los odontólogos endodoncistas a los irrigantes, se sabe que en el mercado existen varias marcas comerciales tanto de uso doméstico, como de uso clínico; un estudio realizado sugiere que en ocasiones algunos profesionales de la salud han utilizado el hipoclorito de uso doméstico, como alternativa de irrigante, con el inconveniente que no es clara la concentración a la cual se encuentra la solución (Saber EA, 2019).

Cabe resaltar que pueden existir factores que alteran en cierta medida la calidad del hipoclorito de sodio de uso doméstico y de uso médico, como por ejemplo los procesos de

fabricación y la seriedad de estos procesos, el envase en el cual es comercializado, manipulación, la temperatura, control de humedad y condiciones de almacenamiento entre otros. Un factor importante para tener en cuenta es que el NaOCl de uso doméstico tiene un fin diferente y puede presentar requisitos de calidad menos estrictos que el de uso médico. (Van der Waal SV, 2014).

En un estudio realizado por Pişkin B (1995), se analizaron las concentraciones de NaOCl de uso endodóntico y doméstico, los autores encontraron que la descripción del producto contenía datos imprecisos, se demostró que el NaOCl de uso endodóntico presentaba una concentración menor del 5% y unos resultados similares se obtuvieron de uso doméstico.

Dentro de su estudio demostraron que el NaOCl doméstico al 5% permanecía estable a temperatura ambiente hasta 43 días después de su fabricación y, posteriormente, se descomponía rápidamente, esto puede ser un indicio probatorio que demuestra la razón de las diferencias encontradas entre la concentración esperada y la concentración real, por este motivo, es de gran importancia conocer las variaciones presentes teniendo en cuenta las variables anteriormente descritas en las diferentes marcas encontradas en el mercado. (Van der Waal SV, 2014).

Una investigación realizada en 2015, habla de la relevancia que tiene la tensión superficial sobre el desarrollo del NaOCl en la penetración, dependiendo de si es alta o baja dicha tensión; mencionan que en ocasiones la aplicación de calor y el uso de agentes tensoactivos a los irrigantes, promueven la disminución de dicha tensión superficial y es posible alcanzar la concentración micelar crítica (CMC), y así favorecer eventualmente la humectabilidad de los irrigantes (Poggio C, 2015).

El hipoclorito de sodio en varias concentraciones se ha estudiado con el fin de probar la capacidad de disolución de tejidos después de la adición de ácidos a la solución original con

el fin de reducir sus valores de pH y observar el efecto que puede llegar a tener en la eficacia del producto. Mediante la adición de ácido bórico (0,5% a pH 11,6 y pH 9; 0,36% a pH 11,6 y pH 7), la velocidad de disolución completa de los fragmentos de pulpa se redujo a la mitad para el 0,5% y a un tercio para los grupos de 0,36% con pH más bajo. (Spanó JCE, 2001).

Por consiguiente, para una evolución más dinámica en el proceso del presente estudio, en aras de contribuir a la investigación, se sugiere que la comparación de los hipocloritos de sodio de uso odontológico sea con los de uso comercial (como se ha sugerido en otros estudios) (Saberri EA, 2019), ya que esto permitiría destacar aún más las características del NaOCl utilizado en endodoncia y contribuir a resultados óptimos. Sin embargo, no se descarta la posibilidad de encontrar similitudes en dicho tipo de hipocloritos (comerciales), lo cual resulta provechoso en términos del conocimiento, ya que a futuro en otras investigaciones se podría confirmar o refutar tales aseveraciones, hipotéticamente hablando, teniendo en cuenta todo lo anterior, se plantea la siguiente pregunta problema:

1.2 Pregunta de Investigación

¿Cuál es el nivel de penetración del hipoclorito de sodio en los túbulos dentinales en función del PH, viscosidad y concentración del producto, considerando tres diferentes marcas disponibles en el mercado de uso comercial y dos marcas diferentes de uso odontológico?

1.3 Justificación

Los estudios acerca de la microbiología de las infecciones endodónticas han demostrado claramente que las bacterias se pueden encontrar en el espacio del conducto radicular, en los conductos accesorios y deltas apicales, así como en todos los espacios producto de las variaciones anatómicas del sistema de conductos radiculares y dentro de los túbulos dentinarios. (Vieira AR, 02 - 2012).

El objetivo principal de la terapia endodóntica es reducir la carga microbiana de los conductos radiculares a niveles subcríticos, valiéndose de la preparación biomecánica, la irrigación y la obturación (Zou L, 2010). Con este propósito es de vital importancia hacer énfasis en los procesos de irrigación y desinfección. Por esto es clave entender el mecanismo de acción del NaOCl sobre la descontaminación del conducto ya que su eficacia se puede ver alterada en función de la concentración, el pH y la viscosidad.

Los estudios acerca de la eficacia de la irrigación se han centrado en el efecto sobre el conducto radicular principal. El modelo de bloque de dentina ha permitido evaluar el efecto antimicrobiano de algunos medicamentos de uso local que rodean el conducto radicular principal. Según la literatura, el número de túbulos infectados y la profundidad de penetración de las bacterias son muy variables, oscilando entre 150 μm a la mitad de la distancia entre el conducto radicular principal y la unión cementodentinal. (Ando N, 1990)

Conocer todos los factores relacionados que afectan de manera positiva o negativa la penetración del hipoclorito de sodio en los túbulos dentinales y espacios anatómicos del conducto radicular, se ha vuelto un tema imperativo para los endodoncistas.

Existen diferentes marcas comerciales de hipoclorito autorizadas por el INVIMA para uso médico y odontológico, sin embargo, también existen marcas comerciales de uso doméstico, cuyo uso se ha venido popularizando por los endodoncistas a pesar que estas no cuentan con el registro INVIMA (Saber EA, 2019); es por eso que se propone comparar varias marcas de hipoclorito de sodio de uso doméstico con marcas de uso exclusivo endodóntico, teniendo en cuenta que las dinámicas actuales del trabajo del endodoncista lo obligan a ser un profesional itinerante, el cual está sujeto a desplazarse a diferentes sitios debido a la demanda laboral de la profesión; en este sentido se pretende evaluar la estabilidad de la solución en

función del contacto con la dentina, el pH, el tipo de envase y su manipulación (por ejemplo los cambios en la temperatura del ambiente).

2. Marco Teórico

El siguiente apartado presenta definiciones de los principales conceptos del estudio: hipoclorito de sodio, pH, viscosidad y temperatura, así mismo, componentes clave para comprender el marco referencial.

2.1 Hipoclorito de sodio

El irrigante de elección para este estudio es el hipoclorito de sodio, el cual es una solución irrigadora de conductos radiculares más utilizada en el ámbito endodóntico, por sus características desinfectantes, tiene la capacidad de disolver tejido orgánico en poco tiempo, asequible, su presentación a nivel industrial es de color amarillo pálido, en concentraciones de 5,5% presenta una densidad de 1.1kg/l (Ponzano., 2007), su composición química está constituida por disolución del gas cloro (Cl_2) con el agua (H_2O), el cual forma el ácido clorhídrico (HCl) y ácido hipocloroso (HOCl), al cual se le añade hidróxido de sodio (NaOH) formando así el Hipoclorito de sodio, catalogándolo como un componente químico inestable, ya que el calor, la luz y el contacto con ácidos o metales puede provocar rápidamente la descomposición de sus moléculas por la presencia de NaOH en la solución de hipoclorito, tiene un pH superior a 12, convirtiéndolo en un oxidante fuerte.

Cuando se habla del hipoclorito se debe tener en cuenta que para el uso endodóntico existen diversas concentraciones que van desde el 0,5 al 6%, las cuales muestran significativa reducción del número de bacterias en el sistema de conductos radiculares infectados durante su instrumentación (Van der Waal SV, 2014). Sin embargo, se sugiere que cuánto mayor es ésta, más rápida es la disolución de los tejidos orgánicos, por lo tanto, la selección de dicha

concentración estaría relacionada de acuerdo con el tiempo de instrumentación; para instrumentaciones prolongadas, el profesional en salud podría utilizar soluciones menos concentradas y en casos con técnicas de instrumentación más rápidas (rotativas) la elección es una solución con más concentración (Zou L, 2010).

Es de vital importancia mencionar las características fisicoquímicas del hipoclorito para explicar su mecanismo de acción. Las reacciones de saponificación, neutralización de aminoácidos y cloraminación que se producen en presencia de microorganismos y tejido orgánico conducen al proceso antimicrobiano y de disolución tisular. La actividad antimicrobiana está relacionada con los sitios enzimáticos esenciales de las bacterias que promueven la inactivación irreversible por los iones hidroxilo y la reacción de cloraminación. La acción de disolución orgánica puede observarse en la reacción de saponificación cuando el hipoclorito de sodio degrada los lípidos y los ácidos grasos dando lugar a la formación de jabón y glicerol. (Saber EA, 2019)

2.2 Viscosidad y tensión superficial

Muchos estudios sugieren que la alta viscosidad y tensión superficial del hipoclorito de sodio, puede interferir de manera negativa en el comportamiento de este, especialmente en la penetración de la dentina. Según la literatura, la viscosidad puede describirse como la resistencia interna al flujo de irrigación del conducto radicular deformado por tensión de corte o de tracción. Para obtener un tiempo de contacto adecuado de los irrigantes con las paredes dentinarias del conducto radicular, un papel importante lo juega la humectabilidad, la cual se encuentra correlacionada con la tensión superficial, tanto de superficies ideales como con las propiedades físicas de la dentina. Se habla de tensión superficial a la fuerza ejercida de un líquido sobre una superficie; una atracción intramolecular, la cual se ve afectada al ser destruida la condición, lo que ocasiona disminución de esta. Medios como la aplicación de calor o adición

de tensoactivos a los irrigantes, pueden propiciar la disminución de dicha tensión superficial y alcanzar la concentración micelar crítica (CMC), donde encontramos una concentración mínima de tensoactivo y así favorecer eventualmente la humectabilidad de los irrigantes (Poggio C, 2015).

Existen distintos tipos de dispositivos que nos permitirán evaluar el grado de viscosidad del hipoclorito de sodio, sin embargo, se debe tener en cuenta en el momento de su medición los factores que pueden modificarla. Dentro de los dispositivos podemos encontrar, los rotacionales, los de caída, reómetros, y el de capilaridad, el cual se encarga de circular el fluido a través de un tubo capilar o de un estrechamiento, determinando la viscosidad a partir de medidas de la pérdida de presión experimentada por el fluido, del caudal, y de las dimensiones del capilar cuando es de vidrio, la fuerza impulsora del flujo es la gravedad (José, 2024).

Para determinar la tensión superficial se utiliza por lo general el método de gota colgante, que se basa en la formación de una gota de líquido que cuelga en un tubo capilar o de un soporte, se evalúa la interfaz entre el líquido y el aire, y la relación entre el volumen de la gota y el diámetro de esta (Song B, 1996).

2.3 pH

Lo podemos catalogar como la unidad de medida que permite determinar el grado de acidez o alcalinidad de una sustancia o solución, es evaluado en una escala de 0 a 14 donde al ser menor de 7 se cataloga como una sustancia ácida, mientras que si sobrepasa los 7 se determina como alcalina. En el contexto de esta revisión, (NIH a.f) las propiedades que intervienen en la eficacia del hipoclorito es su alto PH, considerado una base fuerte ($\text{pH} > 11$), el cual muestra un mecanismo de acción similar al del Hidróxido de calcio. Gracias a que su elevado pH le confiere la capacidad de destruir la membrana citoplasmática de las bacterias, ocasionando una inhibición enzimática irreversible (Poggio C, 2015).

Para entender un poco más sobre la importancia del pH en el Hipoclorito de sodio, recordemos que existe el HOCl que se caracteriza por ser el componente más potente y efectivo contra los microorganismos al penetrar mejor sus membranas celulares, es menos toxico pero su desventaja radica en su inestabilidad frente a la temperatura y la luz, mientras que OCl es más estable siendo un poderoso agente oxidante y desinfectante, cuando se modifica el pH de la solución, se puede manipular la proporción de cada uno de ellos, optimizando así su capacidad desinfectante según la aplicación específica, teniendo en cuenta que HOCl se maneja en entornos más ácidos pH 5-7 y el OCl es mas en entornos alcalinos Ph10 -12 (Christensen CE, 2008).

Para poder medir el pH de la solución, existen diferentes métodos, ya sea colorimétrico o con potenciométrico, el colorimétrico se utilizan indicadores de pH, como el papel tornasol, que al sumergirse en la solución cambia de color, azul para sustancias alcalinas y rojo para sustancias acidas. El potenciométrico, mide la diferencia de potencial eléctrico en milivoltios entre un electrodo de referencia (calomel) y otro electrodo generalmente de vidrio, que es sensible a los H de la solución a analizar que pasaran a través de una membrana de vidrio poro especial (Carrillo, 2014).

2.4 Temperatura

La temperatura tiene un efecto positivo sobre la acción antibacteriana y lítica del NaOCl de hecho, una mejora en la temperatura de la solución de NaOCl aumentaría el potencial de limpieza, así como el efecto de descontaminación del sistema de conductos radiculares. (Giardino, y otros, 2016); Además, la solución caliente de NaOCl elimina los restos orgánicos de la dentina crujiente mejor que la solución sin calentar (Kamburis, 2003). NaOCl a 25 °C utilizado durante cinco minutos demostró ser eficaz en la eliminación de *Enterococcus faecalis*. mostrando un aumento de 100 veces en su eficacia (De Santis, 2022). Además, el

precalentamiento a 37°C mejora la eficacia del NaOCl sobre *Candida albicans* a los cinco minutos de tiempo de contacto, lo que muestra una importante propiedad antifúngica (Gulsahi, 2014). Además, calentar NaOCl puede permitir el uso de una solución menos concentrada; de hecho, se informa que la capacidad del NaOCl para disolver la pulpa dental humana al 1% y a una temperatura de 45 °C es equivalente a la del 5,25% y 20°C (Sirtes, 2005). El aumento de la temperatura del NaOCl se puede obtener por vía extraoral (en recipientes especiales o precalentando una jeringa), intracanal utilizando portadores de calor (tapones) o mediante insertos ultrasónicos o dispositivos láser. Por lo tanto, el objetivo de varias investigaciones busca comparar la eficacia de diferentes métodos de calentamiento con NaOCl mediante la evaluación de los perfiles de temperatura desarrollados en diferentes niveles del sistema de conductos radiculares (De Santis, 2022).

2.5 Concentración

La concentración de Hipoclorito de Sodio se puede encontrar en concentraciones entre los 0,5 y 6%, siendo utilizado en ámbito médico a partir del 1%, cuando se usan en concentraciones mayores podría permitir una mayor eficacia en la erradicación bacteriana del conducto radicular, sin embargo, puede producir un aumento en la citotoxicidad, como afectación estructural de la dentina, favoreciendo a la fractura dental (Barakat RM, 2024).

La erradicación de biopelículas bacterianas va directamente proporcional con la concentración del hipoclorito de sodio, ya que, en concentraciones bajas se ha logrado evidenciar que pueden crecer nuevamente las bacterias después de 48 horas de la exposición al agente químico a bajas concentraciones (1%, 3% de NaOCl) (B. S. Golob, 2017).

Existen diferentes puntos de vista que correlacionan la concentración del hipoclorito con el nivel de penetración, algunos determinan que a mayor concentración mayor penetración del hipoclorito a los túbulos dentinales (Ronco C, 2007), mientras que otros no encuentran

correlación directa (G. Faria, 2019), para poder llegar a una conclusión se deberá tener en cuenta más factores que pueden alterar el nivel de penetración de los túbulos como la concentración real de cloro disponible.

El hipoclorito lo podemos encontrar en diferentes presentaciones y usos tanto domésticos como clínicos, las diferentes marcas utilizan concentraciones diferentes, de acuerdo a su utilidad, y las podemos encontrar en el empaque de cada una de ellas, para poder determinar si en realidad la concentración de hipoclorito que dice la etiqueta es la misma que se presenta en el empaque se puede utilizar un espectrofotómetro, el cual, se encarga de medir la intensidad de luz absorbida después de pasar a través de la solución de muestra, la concentración se mide a partir de la intensidad de la luz detectada por el equipo, dependiendo de la longitud de onda de la fuente de luz. (Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, 2024)

2.6 Túbulos Dentinales

Para comprender un poco más del proceso de penetración del hipoclorito, se debe tener claro el concepto de los túbulos dentinales, los cuales se caracterizan por ser tejidos mineralizados que comunican la luz del conducto con el cemento o esmalte respectivamente, es tubular y se encarga de proteger la pulpa de los agentes externos, su número disminuye con la edad y en dirección apical, en la unión dentino-esmalte es en promedio de 15.000 por mm², y en tercio apical tiene un promedio de 13.000 por mm², su diámetro es muy variable, ya que depende mucho de varios factores, como la ubicación, edad del paciente, como los diferentes factores externos que pueden modificar su morfología, pueden estar en promedio de 1.2µm, 1µm, 0,5µm. Su forma irregular también está constituida de forma casi circular en la pared de la cámara pulpar, y se va convirtiendo en ovalada en el tercio apical del diente, se ha definido por la característica de la célula que es cilíndrica en la corona, cubica en el tercio medio de la raíz y plana en el tercio apical (Harrán Ponce E, 2021).

2.7 Penetración de Hipoclorito en los túbulos dentinales

La penetración de hipoclorito en los túbulos dentinales, se podría determinar como la capacidad que tiene la solución extenderse a lo largo de la superficie tubular de la dentina, la cantidad de estructuras que tiene acceso puede medirse para determinar su acción frente al tejido, y se ve afectada por su concentración, temperatura, activación, tensión superficial, como pH. Cuanto más penetre la solución, mayor acceso a la estructura anatómica de la dentina, por ende, mayor efecto sobre componentes microbianos que pueden estar alojados. (Coaguila-Llerena H, 2020). La penetración del hipoclorito de sodio está directamente relacionada con su método de activación, debido a que permitirá calentar el NaOCl dentro del conducto radicular con la ayuda de las puntas ultrasónicas o dinámica manual por el tiempo determinado de acuerdo con el método de activación (Macedo R, 2014), teniendo en cuenta las ventajas que trae el aumento de la temperatura de este mencionadas anteriormente.

Uno de los métodos para poder determinar la penetración del irritante a los túbulos dentinales es mediante el uso de un método de tinción de la dentina y posterior irrigación para observación con aumentos ya sea con microscopia convencional (Zou L, 2010), o microscopía electrónica de barrido (Widbiller M, 2023), y de esta manera tener una idea de la capacidad de contacto del irrigante a través del túbulo, teniendo como punto de partida que los irrigantes actúan por contacto no por difusión.

2.8 Cresyl Violeta

Es un colorante a base de oxazina, y es utilizado para el diagnóstico celular en la medicina del ser humano, y se prepara en el examen histológicos de muestras, es un colorante seco y permite la evaluación diagnóstico in vitro en materiales de examen histológico (Richard Horobin, 2002). En este caso será usado para marcar hasta donde alcanza a penetrar el

hipoclorito decolorizando la estructura radicular una vez irrigada con la solución y posterior observación a través de microscopia óptica.

2.9 Estereomicroscopio

Es un dispositivo eléctrico para visualizar características morfológicas identificando estructuras, teniendo en cuenta la profundidad y el contraste. Utiliza dos trayectorias ópticas para producir una imagen diferente en cada ojo, permitiendo una visión tridimensional del objeto a analizar, puede presentar acercamientos de 10 a 40 veces la distancia real sin necesidad de algún tipo de medio especial con la ayuda de un tornillo macrométrico y micrométrico que puede manipular el operador, en este estudio será de gran utilidad para poder capturar en detalle el nivel de penetración del hipoclorito en los túbulos dentinales para su posterior medida (Leica Microsystems, 2007)

2.10 Antecedentes

La profundidad de penetración del NaOCl es vital para la desinfección dentro de los túbulos dentinarios. Cai (2023) Informaron en su estudio, que el aumento de la concentración de NaOCl resultó en una mayor profundidad de penetración. Asimismo, F. Palazzi, (2016) informaron que la profundidad de penetración incrementó con el aumento de la concentración de NaOCl (1%, 2%,4%, 5,25% y 6%), mientras que la diferencia estadísticamente significativa se encontró sólo entre el 1% y el 6% de NaOCl. Así mismo, en el estudio de Virdee SS, (2020) indicaron que una concentración menor del NaOCl con mayor exposición pueden alcanzar resultados similares que NaOCl de mayor concentración. Lo cual beneficiaría en el tratamiento de conductos radiculares mejorando la limpieza químico-mecánica.

En una investigación realizada por Amato M, (2018) presentaron que el NaOCl calentado intraconducto seguido de una activación ultrasónica presento mayor poder de disolución del tejido pulpar. Apoyando los resultados a los estudios de Iandolo A, (2020), donde refieren que el NaOCl calentado acompañado con la activación ultrasónica fue más eficiente que usar solo activación del irrigante. Morales-Guevara, (2017) evidenciaron que al calentar el NaOCl intraconducto presento mayor poder de penetración a nivel del tercio apical. Esto podría deberse a la combinación de la disminución de la tensión superficial que provoca al aumentar la temperatura del NaOCl y la activación ultrasónica, logrando un efecto acústico de ondas de presión, que empujan el fluido creando burbujas que implosionan contra la pared del conducto radicular aumentando su poder de penetración en los túbulos dentinarios (Jain S, 2023), (G. Faria, 2019), (Morales-Guevara, 2017).

En el estudio presentado por Morales-Guevara, (2017), el valor más bajo de la penetración fue de 129 μm , valor encontrado en el grupo tratado con NaOCl al 2,5 % con técnica de irrigación convencional y el valor más alto de 302 μm fue encontrado en el grupo tratado con NaOCl al 5 % con técnica de irrigación convencional más aplicación de ultrasonido (Sirtes, 2005).

Zou L, (2010) en su estudio propuso una técnica bastante aceptada y bien valorada en la cual se tiñen las piezas dentarias con cristal violeta, y posterior a esto se realizan los protocolos de irrigación, una vez realizado el protocolo de irrigación, se entiende que el hipoclorito de sodio despintará la zona que fue penetrada dentro de los túbulos dentinarios, para su posterior corte vertical de la raíz.

La concentración del irrigante en cuestión (hipoclorito de sodio) que fue tomada para dicho estudio fue basando en los resultados de estos artículos, en el cual evaluaron diferentes concentraciones, ellos concluyeron que a mayor concentración se tenía mejor penetración.

Mencionan que las diferentes profundidades de penetración bacteriana pueden estar relacionadas con el tamaño de la bacteria, sus características de motilidad, así como diferencias en los diámetros de luz tubular. En cuanto a la metodología utilizada para medir la penetración del hipoclorito de sodio en los túbulos dentinarios se encuentra la propuesta por (Berutti E, 1997) donde realizaron la valoración de la penetración de distintos irrigantes y bacterias mediante la técnica Brown and Brenn (Zou L, 2010).

F. Palazzi, (2016), demostraron que dos soluciones de NaOCl recientemente introducidas modificadas con surfactantes tenían una tensión superficial significativamente menor que la de NaOCl al 5,25 % y agua destilada. Se ha informado que la adición de surfactantes puede disminuir la tensión superficial del NaOCl, el ángulo de contacto y mejorar su penetración en el sistema de conductos radiculares.

Por el contrario, G. Faria, (2019) demostró que la adición de surfactante no influyó en la penetración de NaOCl al 2,5% en la dentina, incluso después de haber dejado el irrigante en contacto con la dentina durante un tiempo largo (10 y 15 minutos).

3. Objetivos

3.1 Objetivo General

Establecer el nivel de penetración del hipoclorito de sodio en los túbulos dentinales en función del PH, viscosidad y concentración del producto, considerando tres diferentes marcas disponibles en el mercado de uso comercial y dos marcas diferentes de uso odontológico.

3.2 Objetivos Específicos

- Identificar el PH, viscosidad y concentración del hipoclorito de sodio de las cinco diferentes marcas.

- Establecer el grado de penetración de hipoclorito de sodio de las cinco diferentes marcas comerciales en los túbulos dentinales mediante el uso de un estereomicroscopio.
- Comparar el grado de penetración del hipoclorito de sodio de las tres diferentes marcas comerciales y dos marcas de uso odontológico.

4 Método

4.1 Tipo de Estudio

- ✓ Tipo: Cuasiexperimental in vitro.

4.1.1 Selección y descripción

4.1.2 Población

En este estudio se emplearán dientes humanos extraídos con fines ortodónticos, unirradiculares sin mayores variaciones anatómicas que permitan llevar a cabo de manera reproducible este estudio

4.2 Muestra y tipo de muestreo

NaOCl: Se escogerán tres marcas disponibles en el mercado de uso comercial y dos marcas disponibles en el mercado de uso odontológico.

Dientes: Muestra seleccionada a conveniencia 26 dientes los cuales será divididos en cinco grupos, 5 dientes por grupo, y 1 diente como control negativo.

4.3 Criterios de selección

4.3.1 Criterios de inclusión

Dientes:

- Dientes unirradiculares sin variaciones mayores anatómicas.

- Dientes con raíces rectas y ápice cerrado
- Dientes con indicación ortodóntica de exodoncia

4.3.2 Criterios de exclusión

Dientes:

- Dientes que no presentes alteraciones radiculares tales como caries, reabsorciones o fracturas.
- Dientes previamente tratados endodónticamente.
- Dientes indicados para exodoncia con enfermedad periodontal.⁷

4.4 Variables

Tabla 1. Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operativa	Naturaleza	Escala de medición	Valores que asume
Concentración	Relación de la masa o volumen de un soluto con la masa o volumen de una solución o solvente.	La concentración de una solución se medirá en gramos de soluto por litro de solución (g/L).	Cuantitativa	Razón	0 a 5,25%, 6%
pH	La unidad de medida que permite determinar el grado de acidez o alcalinidad de una sustancia o solución	Se medirá utilizando unas tiras reactivas de pH, y se expresará en una escala que va de 0 a 14, donde un pH menor a 7 indica acidez, 7 indica neutralidad y un pH mayor a 7 indica alcalinidad.	Cuantitativa	Ordinal	0, 1, 2, 3,4,5,6,7,8, 9,10,11,12, 13, 14.
Viscosidad	Resistencia interna al flujo de irrigación del conducto radicular deformado por tensión de corte o de tracción.	La viscosidad de una solución se medirá en centipoises (cP) utilizando un viscosímetro capilar de vidrio y se registrará a una temperatura ambiente (20°C)	cuantitativa	Intervalo	1, 2, 3,4,5,6,7,8,9,10 etc
Capacidad de penetración.	Capacidad que tiene la solución extenderse a lo largo de la superficie tubular de la dentina, la cantidad de estructuras que tiene acceso puede medirse para determinar su	La capacidad de penetración de la solución en los túbulos dentinales se mide en micrómetros Nikon NIS elements imaging software.	Cuantitativa	Intervalo	0,1,2,3,4,5,6 etc.

<i>Variable</i>	<i>Definición conceptual</i>	<i>Definición operativa</i>	<i>Naturaleza</i>	<i>Escala de medición</i>	<i>Valores que asume</i>
<i>Tipo de NaOCl</i>	acción frente al tejido. Los diferentes tipos de hipocloritos presentes de uso comercial y uso médico presentan diferentes concentraciones, las cuales pueden influir en la capacidad de penetración de los túbulos dentinales.	Algunas características fisicoquímicas importantes que influyen directamente en la capacidad de penetración de los túbulos dentinales pueden variar debido a su composición ya sea de uso comercial o endodóntico.	Cualitativa	Nominal	Hipoclorito de uso comercial, Hipoclorito de uso Endodóntico.

4.5 Procedimiento

4.5.1 Recolección y selección del Hipoclorito

Se comprarán 5 tipos de hipoclorito de sodio, 3 de ellas en almacenes de cadenas reconocidos comercialmente donde se evidencie que se encuentren en condiciones de almacenamiento adecuadas y dos marcas de hipoclorito de uso endodóntico que tengan vigente el registro sanitario INVIMA, posteriormente serán almacenados a temperatura ambiente.

4.5.2 Selección y preparación de muestras de Hipoclorito

Las marcas de hipoclorito de sodio de uso comercial serán identificadas mediante la siguiente codificación: Solución A, Solución B y Solución C, las marcas de hipoclorito de sodio de uso endodóntico serán identificadas como Solución D y Solución E. De cada una de estas se tomarán 30 ml para realizar la evaluación de concentración, pH y viscosidad.

4.5.3 Análisis de Muestras de Hipoclorito por Variables

En 30 ml de cada solución de hipoclorito de sodio se realizarán análisis de concentración mediante el espectrofotómetro, se medirá la intensidad de luz absorbida después de pasar a través de la solución de muestra, la intensidad de la luz detectada por el equipo, dependiendo de la longitud de onda de la fuente de luz se registrará para posteriormente

comparar con las demás muestras. Se repite el proceso en cada una de las 4 marcas restantes que se tienen en cuenta en el estudio.

Para evaluar el pH se tomará los 30 ml de cada marca de hipoclorito, y se aplicará en el papel tornasol, que al sumergirse en la solución cambia de color, el color que indique cada muestra será comparado con la tabla de referencias para determinar el pH, cada valor será registrado para posterior comparación con las demás muestras, el proceso se repetirá en cada una de las 4 muestras restantes de las marcas que se tienen en cuenta en el estudio.

La viscosidad se evaluará en los 30 ml tomados de cada hipoclorito de sodio, donde se usará el viscosímetro de capilaridad de vidrio, se circulará el fluido a través de un tubo capilar o de un estrechamiento, determinando la viscosidad a partir de medidas de la pérdida de presión experimentada por el fluido, del caudal, y de las dimensiones del capilar, los datos obtenidos serán anotados y realizados en las demás muestras de las otras 4 marcas de hipoclorito de sodio

4.5.4 Recolección y selección de Dientes

Previo diligenciamiento y firma de consentimiento informado por parte de los pacientes se recolectarán, 26 dientes (premolaes unirradiculares con indicación de exodoncia con fines de ortodoncia), posterior a la exodoncia los dientes serán limpiados y desinfectados con timol al 0,1% por 24 horas y se les retirarán los restos de ligamento periodontal con hoja de bisturí No.15. Posteriormente, serán almacenados en solución salina en un frasco recolector de muestras hasta su uso.

4.5.5 Preparación de muestras de dientes

Se tomarán radiografías periapicales digitales (RVG, SironaR RVG, XIOS XG Supreme, Alemania) en dirección vestibular - palatino para confirmar anatomía radicular y garantizar los criterios de inclusión del estudio.

4.5.6 Distribución de las muestras de los dientes

Los 26 dientes se dividirán en 5 grupos (5 dientes por grupo) 1 diente como control positivo, los cuales serán tratados por las diferentes marcas propuestas en este estudio, cada grupo será distribuido de manera aleatoria a través del programa Microsoft Excel, de la siguiente manera:

Tabla 2. Grupos y soluciones de hipoclorito de sodio

GRUPO MUESTRA	NUMERO DE DIENTES POR GRUPO	MARCA DE NaOCl
I	5	A
II	5	B
III	5	C
IV	5	D
V	5	E
Control positivo	1	Solución salina

Posteriormente se realizarán cortes seccionales de las partes coronal y apical para evitar que se produzca el vapor lock con disco de carburo con longitudes aproximadas de 16mm. Se probará la permeabilidad de los conductos con limas tipo K No 10 (Dentsply, Maillefer, Suiza) hasta que la lima entre holgada en el conducto radicular y salga por la porción restante de la raíz. La longitud de trabajo se establecerá restando 0,5mm de la medición.

4.5.7 Instrumentación de los Dientes

La preparación del conducto radicular de cada grupo será realizada por un experto endodoncista, quien desconocerá el tipo de NaOCl con el que se irrigarán las muestras, se usarán limas de Niquel Titanio (NiTi) del sistema Wave One Gold Primary, Medium, Large (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza), accionadas con motor X-Smart Plus (Dentsply Maillefer, Germany) siguiendo los ajustes del fabricante para el sistema elegido, cada lima será introducida a la longitud determinada y se harán movimientos de picoteo. Durante la instrumentación, cada diente se irrigará con 5 cc NaOCl al 5,25 % de uso endodóntico, el

irrigante será activado mediante activación ultrasónica, se hará un lavado con suero fisiológico y finalmente se irrigará con 5 cc EDTA (ácido etilendiamino tetracético). Posteriormente las muestras serán sumergidas por completo en beakers de 100 ml debidamente marcados con el grupo de estudio correspondiente, los cuales contendrán la cantidad suficiente de Cresyl Violeta para cubrir cada grupo de muestras (aprox 70 ml), las muestras serán dejadas en el cresyl violeta durante 24 horas para asegurar una tinción apropiada del conducto radicular. Pasadas 24 horas, las muestras serán lavadas con agua del grifo y posteriormente los grupos A, B, C, D Y E serán irrigados con 10 cc de la solución de NaOCl correspondiente. El diente control negativo se instrumentará con técnica descrita en los grupos anteriores, y se sumergirá en Cresyl violeta, sin embargo, se dejará en los beakers en 50ml de solución salina. Finalmente, los dientes serán secados y se procederá a realizar la partición longitudinal del diente la cual será realizada tomando un disco de carburo haciendo un surco por la longitud total del espécimen y posteriormente se partirán con la ayuda de un abre coronas y martillo.

Las muestras serán analizadas bajo estereomicroscopio con aumentos de 20X y 40X Nikon con software Nis Elements Imaging software y la longitud de la decoloración sobre la dentina producida por el hipoclorito de sodio será medida en micrómetros usando la herramienta de medición del software.

4.5.8 Instrumento

Una vez observadas las muestras con el estereomicroscopio a 20X y 40X serán capturadas las imágenes de cada una de ellas, para posteriormente ser ingresadas en el software de análisis en Nikon Nis Elements Imaging y ser medidas las áreas donde se evidenció mayor penetración y posteriormente digitación de datos.

4.6 Plan de análisis estadístico

4.6.1 Plan de análisis estadístico univariado

Se centrará en evaluar las variables que se relacionan con la penetración del hipoclorito de sodio, en este estudio serán la concentración, el pH y la viscosidad, utilizando estadísticas descriptivas, como la media, la mediana, moda y desviación estándar. Posiblemente gráficos de distribución para visualizar la frecuencia y la tendencia de los datos.

4.6.2 Plan de análisis estadístico bivariado

Se aplicará técnica estadística de ANOVA para determinar si existe diferencias significativas en la penetración entre las diferentes marcas, considerando la concentración, el pH, y viscosidad del hipoclorito de sodio. Las correlaciones evaluarán la relación entre penetración del hipoclorito y las variables fisicoquímicas descritas en el estudio, utilizando coeficientes de correlación como el test de Pearson o Spearman, según la normalidad de los datos. Para verificar que los datos de cada grupo sigan una distribución normal, se puede verificar con pruebas como el test de Shapiro-Wilk o gráficos de probabilidad.

Si los supuestos no se cumplen, como heterogeneidad de varianzas, se utilizará ANOVA no paramétrico, asegurando la validez del análisis estadístico.

5. Implicaciones Bioéticas

El presente protocolo deberá ser aprobado por el comité de ética, al considerar las piezas dentales que se utilizarán como “Órganos dentarios”, siguiendo la declaración de Helsinki de 1975, modificada en 1983, igualmente la resolución 008430 de 1993 en Colombia. Se ha de considerar como una investigación de riesgo mínimo.

Se seguirá el reglamento establecido para la recolección y conservación como disposición de muestras dentales humanas, según el capítulo IV de la resolución 008430 de 1993 artículo 47 y 48.

Artículo 11: Para la recolección de las muestras se utilizará un consentimiento informado de donación de órgano.

6. Resultados

Se evaluó la penetración del hipoclorito de sodio en los túbulos dentinales utilizando cinco marcas diferentes (Grupo 1 a Grupo 5). En cada diente se registraron tres mediciones en micrómetros, de las cuales se obtuvo un promedio individual y posteriormente se realizó el análisis estadístico por grupo.

La mayor penetración intratubular se observó en el **Grupo 1** (63,1–187,19 μm), seguido del **Grupo 2** (95,2–152,5 μm). y del **Grupo 5** (64,0–110,0 μm)

El **Grupo 3** presentó valores intermedios (42,45–113,40 μm), mientras que el **Grupo 4** mostró las menores profundidades de penetración (41,82–103,56 μm), indicando la eficacia más limitada. (*Tabla 2*).

En cuanto a la variabilidad de los datos, el **Grupo 1** presentó la **mayor dispersión**, evidenciada por un rango más amplio y una desviación estándar elevada, lo que indica una mayor heterogeneidad entre las muestras. En contraste, el **Grupo 5** mostró una **menor dispersión**, con valores más agrupados y consistentes, reflejando una respuesta más homogénea en la penetración del hipoclorito de sodio. (*Tabla 3*)

Tabla 3. Resultados penetración de hipoclorito de sodio por grupos.

GRUPO	DIENTE	MEDIDA EN MICROMETROS		
		Cervical	Medio	Apical
Grupo 1	Diente 15	132.09 μm	118 μm	128 μm
Grupo 2	Diente 3	61.05 μm	64.15 μm	64.00 μm
	Diente 4	131.12 μm	100.98 μm	118.22 μm
	Diente 20	123,25 μm	108,48 μm	123,54 μm
	Diente 8	187,19 μm	147,78 μm	182,33 μm
	Diente 22	115.71 μm	95.94 μm	103.34 μm
	Diente 6	100.08 μm	108.26 μm	127.92 μm
	Diente 14	96,14 μm	59,92 μm	93,59 μm
	Diente 16	108,48 μm	98,52 μm	118,22 μm
Grupo 3	Diente 12	108.24 μm	95.96 μm	152.54 μm
	Diente 2	71.08 μm	64.17 μm	66.83 μm
	Diente 9	76.31 μm	42.45 μm	51.70 μm
	Diente 18	103,44 μm	98,64 μm	70,53 μm
	Diente 19	113,40 μm	79,43 μm	74,05 μm
	Diente 23	88.56 μm	90,25 μm	91,02 μm
Grupo 4	Diente 1	49.44 μm	51,70 μm	49,44 μm
	Diente 10	59.08 μm	41,82 μm	76.29 μm
	Diente 13	98,52 μm	93,59 μm	83,88 μm
	Diente 21	103,56 μm	100,30 μm	97,26 μm
	Diente 25	46.83 μm	64.00 μm	61.54 μm
Grupo 5	Diente 17	41.82 μm	66.42 μm	140 μm
	Diente 11	78,81 μm	78,97 μm	73,89 μm
	Diente 7	83,74 μm	93,72 μm	73,89 μm
	Diente 24	113.00 μm	108.00 μm	113.00 μm
	Diente 5	110.07 μm	110.00 μm	110.05 μm
Grupo 6	Diente 26	0	0	0

Tabla 4. Parámetros estadísticos principales por grupo

Grupo	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación Estándar
Grupo 1	61.05	187.19	119.35	123.25	37.56
Grupo 2	59.92	152.54	105.52	103.34	19.96
Grupo 3	42.45	113.40	78.79	76.31	19.17
Grupo 4	41.82	103.56	71.82	64.00	22.49
Grupo 5	41.82	140.00	93.03	93.72	24.85

<i>Grupo Control</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
----------------------	------	------	------	------	------

Muestra	Concentración (wt%NaOCl)	Viscosidad cSt (mm ² /S)	pH
A	5,01	1,83	14,82
B	5,2	2,02	15,01
C	5	1,79	15,01
D	5,2	1,07	14,75
E	5,2	1,1	14,38

Tabla 5. Resultados de Concentración, Viscosidad y Ph de las 5 diferentes marcas.

En cuanto a los resultados de la concentración de hipoclorito en las muestras es homogénea, con valores cercanos al 5%. Las muestras B, D y E tienen la concentración más alta (5,2%). La muestra C tiene la concentración más baja (5,0%), aunque la diferencia con las demás es mínima.

Al evaluar la viscosidad, la más alta corresponde a la muestra B (2,02 cSt). La viscosidad más baja es para la muestra D (1,07 cSt). En general, la viscosidad varía notablemente entre las muestras, lo que puede indicar diferencias en formulación o aditivos.

En cuanto al pH, el más alto lo presentan las muestras B y C (15,01). La muestra E tiene el pH más bajo (14,38), aunque sigue siendo un valor muy alcalino. El alto pH es característico de soluciones de hipoclorito de sodio, pero no se observan diferencias (Tabla 4)

En el análisis estadístico se realizó un ANOVA factorial donde sugiere que el tipo de producto aplicado influye en la penetración, pero la zona del diente no modifica ese efecto.

Se realizó un Gráfico de comparaciones múltiples (Tukey HSD) donde evidencia visualmente qué grupos difieren significativamente en sus medias de penetración por grupo y por zona (Cervical, Medio, Apical): (Figura 1)

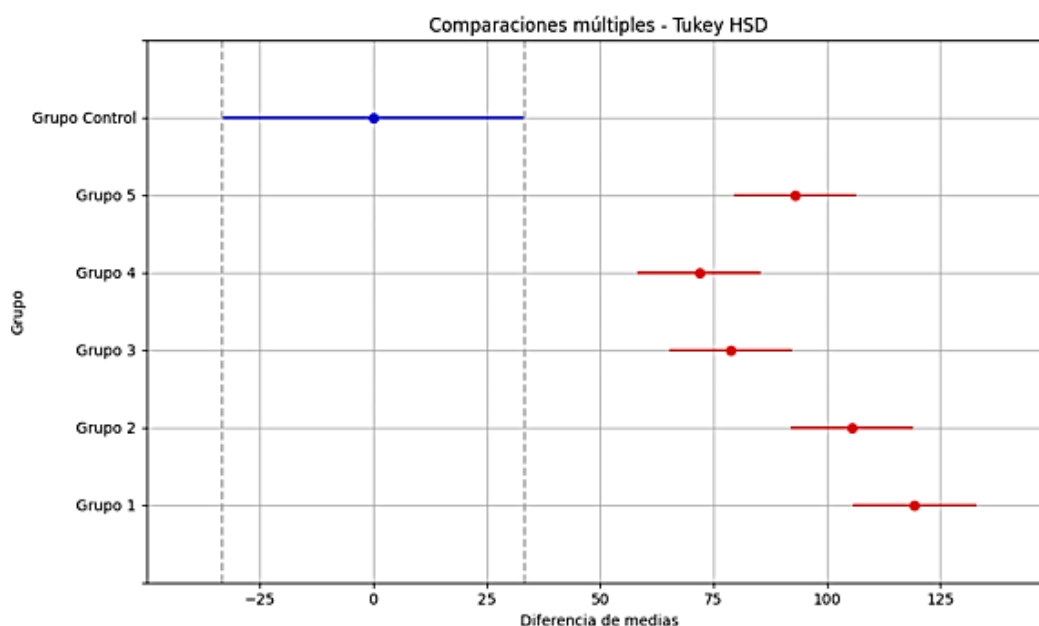


Figura 1. Gráfico de Tukey (HSD). Comparaciones múltiples de los distintos grupos de estudio, evidenciando los desempeños en cuanto a la penetración de los distintos hipocloritos de sodio.

En el gráfico se observa que el grupo control presenta valores cercanos a cero, lo que indica una penetración mínima o nula, mientras que los grupos tratados muestran diferencias positivas en las medias de penetración, reflejando una mayor eficacia de los productos evaluados.

El análisis ANOVA factorial mostró que el **grupo (tratamiento aplicado)** tuvo un efecto estadísticamente significativo sobre la penetración del hipoclorito de sodio ($p < 0,05$). En contraste, la **zona del diente** no presentó un efecto significativo ($p > 0,05$), ni se encontraron interacciones relevantes entre ambos factores.

En términos de comparaciones múltiples, se evidenció que los productos aplicados en los distintos grupos generaron diferencias significativas en la profundidad de penetración. Las diferencias fueron especialmente notorias frente al **grupo control**, cuyos valores fueron cercanos a cero. Por el contrario, dentro de cada grupo no se observaron diferencias relevantes

entre zonas, lo que confirma la consistencia del modelo y la validez de los resultados. (Figura 2)

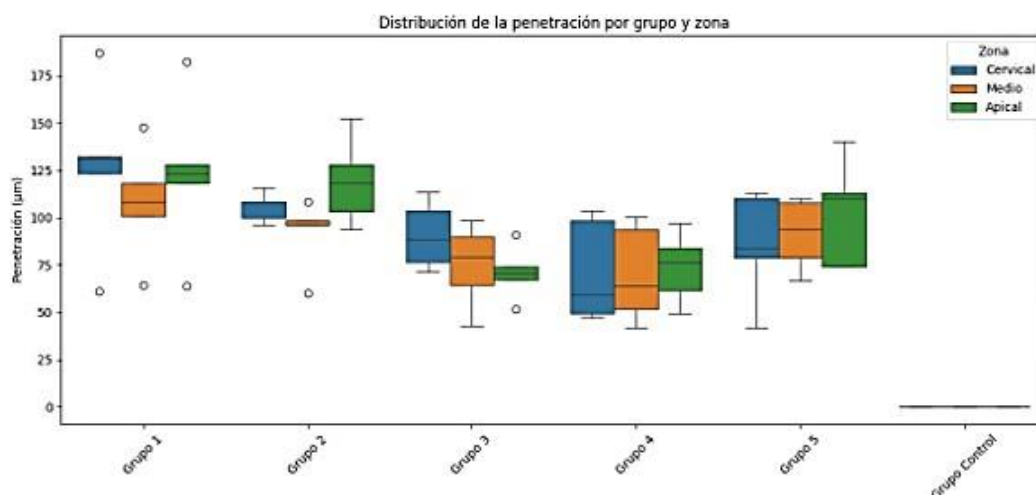


Figura 2. Diagrama Boxplot. Distribución de la penetración del NaOCl en la raíz por grupos de estudio, evidenciando mayor penetración en grupos 1 y 2, mientras se observa mayor distribución del irrigante en los grupos 4 y 5.

7. Discusión

La penetración del hipoclorito de sodio (NaOCl) en los túbulos dentinarios continúa siendo un tema de gran interés en endodoncia. Aunque se reconoce su acción antimicrobiana y capacidad de disolver tejido orgánico, persiste la controversia acerca de si su efectividad depende principalmente de sus propiedades fisicoquímicas (concentración, viscosidad, pH, temperatura) o de la activación mecánica ejercida por el operador. En este estudio se evaluaron diferentes marcas de NaOCl, tanto de uso odontológico como doméstico, con el fin de analizar la influencia de estas variables sobre su nivel de penetración.

Los resultados obtenidos en esta investigación concuerdan con los reportados por Giardino (2016), quien evaluó la penetración del NaOCl al 5,25% con y sin surfactante en dientes anteriores, alcanzando valores entre 39 y 62 µm en promedio, con máximos de hasta

131 μm . De manera similar, en el presente estudio se obtuvo una media de 86,61 μm , dentro del rango previamente descrito. Asimismo, Palazzi (2016) reportó una penetración de 130,80 μm con NaOCl al 5,25% a 20 °C, resultados que guardan estrecha relación con los hallazgos obtenidos.

En relación con la selección del hipoclorito, estudios como el de Clarkson (1998) han señalado que el uso de marcas domésticas en concentraciones de 3% a 5,25% es frecuente debido a su accesibilidad, práctica que también ocurre en odontología, donde incluso se diluyen para trabajar en rangos de 0,5% a 2,5%. En esta investigación se emplearon las soluciones en su presentación original, lo que permitió demostrar que tanto las marcas de uso doméstico como las odontológicas logran penetraciones comparables en la dentina radicular.

Por otro lado, debe considerarse que la concentración y el pH no son los únicos factores que determinan el desempeño del irrigante. Jungbluth (2012) encontró que, aunque las soluciones domésticas presentaban un pH altamente alcalino, su estabilidad disminuía con el tiempo de almacenamiento. En el presente estudio, todas las muestras mostraron un pH alcalino estable (14,38 – 15,01), lo que favorece la acción antimicrobiana y la capacidad de disolver tejido.

Un hallazgo relevante de esta investigación fue la influencia de la viscosidad. El grupo IV, a pesar de presentar valores adecuados de concentración y pH, obtuvo el menor nivel de penetración debido a su viscosidad de 1,07, lo que sugiere que este factor puede limitar el escurrimiento del irrigante hacia los túbulos dentinarios.

En el presente estudio se observó que, a pesar de contar con concentraciones y valores de pH adecuados, el Grupo 4 presentó la menor penetración intratubular, lo que podría estar asociado a su mayor viscosidad (1,07 cSt). Este hallazgo coincide con lo reportado por Velayutham (2014), quienes demostraron que la viscosidad del hipoclorito de sodio aumenta proporcionalmente a su concentración y disminuye con el incremento de la temperatura. De

acuerdo con dichos autores, las soluciones más viscosas presentan mayor resistencia al flujo dentro del conducto radicular, lo que limita su capacidad de infiltración en los túbulos dentinarios. En este sentido, la variabilidad encontrada entre las diferentes marcas evaluadas podría explicarse por diferencias en su formulación y viscosidad, más allá de la concentración declarada en la etiqueta, reforzando la importancia de considerar este parámetro en la selección clínica del irrigante.

Finalmente, la condición histológica de la dentina también influye en los resultados. Según Mjör (2009), con la edad los túbulos se estrechan por deposición mineral y formación de dentina peritubular, lo que disminuye la permeabilidad. En concordancia, en este estudio algunas muestras mostraron zonas de mineralización, especialmente en el tercio apical, lo que pudo afectar la penetración del NaOCl.

Entre las limitaciones metodológicas se encuentra la técnica de fractura utilizada. En este trabajo se realizó mediante incisión en mesial y distal y separación con abre coronas, lo que puede generar daño mecánico. Taylor (2008) propone la criofractura, que preserva mejor la morfología y los detalles estructurales internos, representando una alternativa que podría mejorar la calidad de las observaciones en estudios futuros.

En cuanto al medio de contraste, se utilizó Cresyl Violeta, el cual, según Shukla (2012), presenta ventajas por su resistencia al decoloramiento y su capacidad de diferenciar cemento y dentina. Sin embargo, existen métodos más avanzados como los descritos por Balci (2017), que utilizan trazadores fluorescentes (rodamina B, fluorescencia sódica, calceína, SYTO9) en combinación con microscopía confocal, permitiendo obtener imágenes tridimensionales de alta resolución y cuantificaciones más precisas.

8. Limitaciones y Perspectivas

Con base en los hallazgos de este estudio, se sugiere que futuras investigaciones:

- Consideren la edad de los dientes utilizados, ya que la mineralización influye directamente en la permeabilidad dentinaria.
- Evalúen de manera sistemática la influencia de la viscosidad sobre la penetración del NaOCl.
- Implementen técnicas de fractura menos invasivas como la criofractura, para preservar la estructura interna de las muestras.
- Utilicen métodos de contraste fluorescentes y análisis por microscopía confocal, que permitan mediciones más objetivas y reproducibles.

9. Conclusiones

Los resultados obtenidos en este estudio permiten concluir que la penetración intratubular del hipoclorito de sodio depende de una interacción multifactorial entre concentración, pH y viscosidad de la solución, más que de un solo parámetro de forma aislada.

En síntesis, la eficacia del hipoclorito de sodio en la penetración dentinaria no depende únicamente de la concentración o del pH, sino también de factores intrínsecos de la formulación, como la viscosidad y posibles aditivos presentes en cada marca. Estos hallazgos refuerzan la importancia de considerar no solo el porcentaje declarado en la etiqueta, sino también las propiedades fisicoquímicas de cada solución al momento de seleccionar el irrigante para la práctica endodóntica.

Finalmente, se recomienda que futuros estudios incorporen análisis complementarios de los componentes de cada formulación y su estabilidad en el tiempo, así como la influencia de variables clínicas adicionales (activación mecánica, temperatura y tiempo de exposición), con el fin de establecer protocolos más estandarizados y efectivos en el uso del NaOCl.

Apéndices



Figura 1. Premolar recién extraído para su utilización en el estudio



Figura 2. Selección de la muestra.



Figura. 3. Radiografías periapicales de cada una de las muestras seleccionadas.

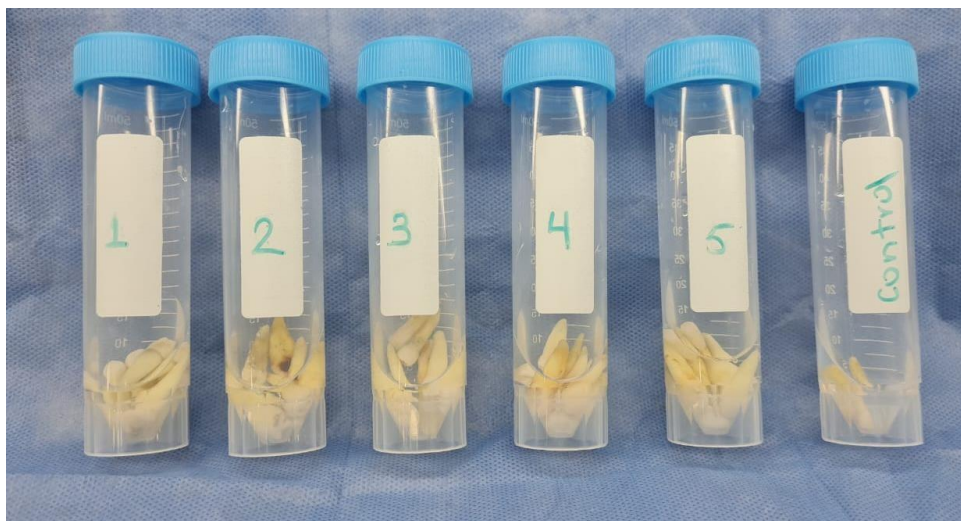


Figura 4. Muestras organizadas por grupos

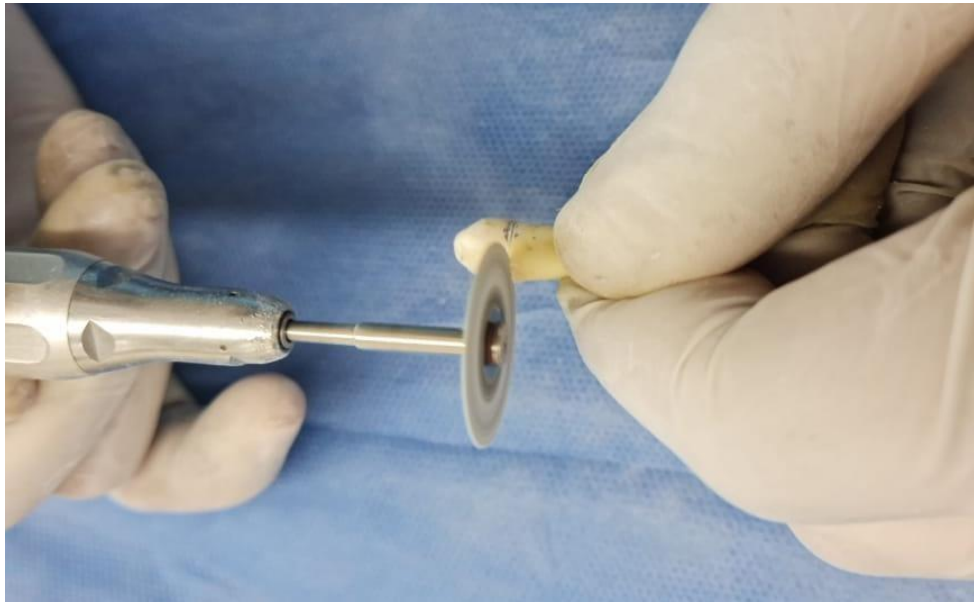


Figura. 5. Decoronación de muestras con disco de carburo.



Figura. 6. Sistema rotatorio Wave One Gold Primary® para preparación biomecánica de las muestras con motor X- Smart Plus, Dentsply ®.

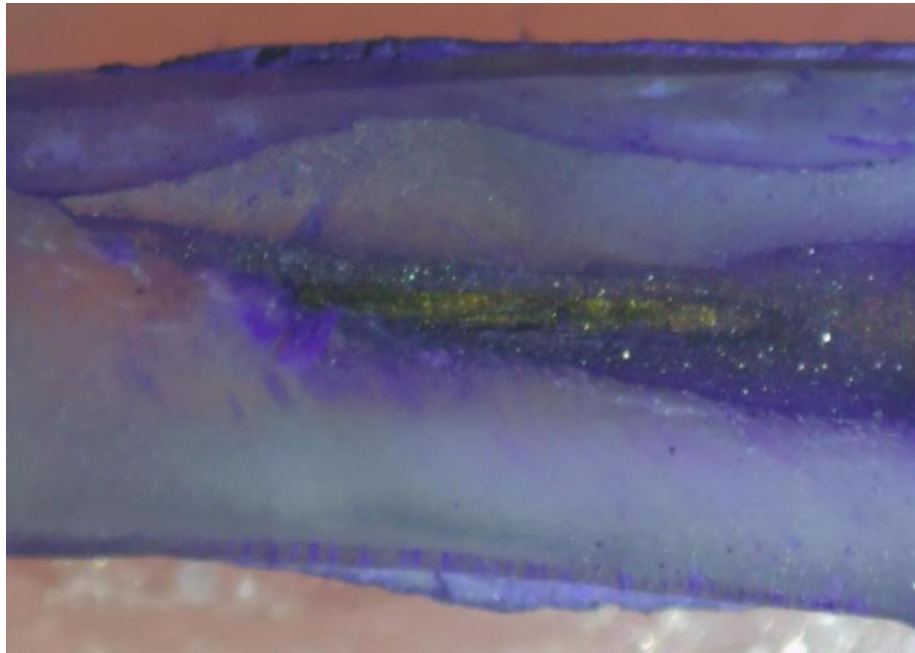


Figura. 7. *Muestra teñida con cresyl violeta luego de 24 horas.*



Figura.8. *Activación ultrasónica de los distintos irrigantes.*



Figura. 9 y 10. Muestras teñidas con cresyl violeta, seccionadas longitudinalmente, listas para su evaluación en estereomicroscopio.



Figura.11. Apreciación de halo blanco representando penetración del NaOCl en los túbulos dentinales; las líneas rojas indican la medición de este.

Referencias

- Amato M, P. G. (2018). An in vitro evaluation of the degree of pulp tissue dissolution through different root canal irrigation protocols. *JConserv Dent.*, 175-179.
- Ando N, H. E. (1990). Predominant obligate anaerobes invading the deep layers of root canal dentin. . *Int Endod J*, 20-7.
- B. S. Golob, G. O. (2017). Efficacy of photon-induced photoacoustic streaming in the reduction of *Enterococcus faecalis* within the root canal: different settings and different sodium hypochlorite concentrations. *Journal of Endodontics*, 1730-1735.
- Barakat RM, A. R. (2024). Effect of sodium hypochlorite temperature and concentration on the fracture resistance of root dentin. *BMC Oral Health.*, 13;24(1):233. .
- Bukiet F, S. T. (Oct. de 2013). Factors affecting the viscosity of sodium hypochlorite and their effect on irrigant flow. *Int Endod J.*, 954-61. doi:doi: 10.1111/iej.12086
- Cai, C. C. (2023). Advances in the Role of Sodium Hypochlorite Irrigant in Chemical Preparation of Root Canal Treatment. *BioMed Research International*, 17.
- Carrillo. (11 de 10 de 2024). *El ph del suelo*. Obtenido de [/https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/803/3/B.%20PH%20suelo.pdf](https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/803/3/B.%20PH%20suelo.pdf)
- Christensen CE, M. S. (2008). Effect of lowering the pH of sodium hypochlorite on dissolving tissue in vitro. *J Endod.* , 449-52.
- Coaguila-Llerena H, B. I.-F. (2020). Physicochemical properties, cytotoxicity and penetration into dentinal tubules of sodium hypochlorite with and without surfactants. *Restor Dent Endod.*, 45.e47.
- De Santis, R., Iaculli, F., Lodato, V., Gallicchio, V., Simeone, M., Spagnuolo, G., C Rengo, C. (2022). The Efficacy of Selected Sodium Hypochlorite Heating Methods for Increasing and Maintaining Its Intracanal Temperature. *Appl. Sci*, 12, 891.

- Drews DJ, N. A. (Mar de 2023). The Interaction of Two Widely Used Endodontic Irrigants, Chlorhexidine and Sodium Hypochlorite, and Its Impact on the Disinfection Protocol during Root Canal Treatment. *Antibiotics (Basel)*, 589. doi:doi: 10.3390/antibiotics12030589
- F. Palazzi, A. B. (2016.). Penetration of sodium hypochlorite modified with surfactants into root canal dentin. *Brazilian Dental Journal*, pp. 208–216,.
- Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. (11 de 10 de 2024). Obtenido de <https://fcen.uncuyo.edu.ar/upload/espectrometria-practico-20191.pdf>
- G. Faria, K. S.-L. (2019). Penetration of sodium hypochlorite into root canal dentine: effect of surfactants, gel form and passive ultrasonic irrigation,” *International Endodontic Journal*. *International Endodontic Journal*, 385–392.
- Giardino, L., Mohammadi, Z., Beltrami, R., Poggio, C., Estrela, C., C Generali, L. (2016). Influence of Temperature on the Antibacterial Activity of Sodium Hypochlorite. 33.
- Giardino, L.; Mohammadi, Z.; Beltrami, R.; Poggio, C.; Estrela, C.; Generali, L. *InflBraz. Dent. J.*, 27, 32–36.
- Gulsahi, K., Tirali, R., Cehreli, S., Karahan, Z., Uzunoglu, E., C Sabuncuoglu. (2014). The effect of temperature and contact time of sodium hypochlorite on human roots infected with *Enterococcus faecalis* and *Candida albicans*. *Odontology J*, 102, 36.
- Harrán Ponce E, C. S. (2021.). Study of dentinal tubule architecture of permanent upper premolars: evaluation by SEM. *Aust Endod J.* , p:66-72.
- Iandolo A, A. D. (2020). Dentinal tubule penetration and root canal cleanliness following ultrasonic activation of intracanal-heated sodium hypochlorite. *Aust Endod J.* , 204-209.
- Jain S, P. P. (2023). Comparison of Dentinal Tubular Penetration of Intracanal Heated and Preheated Sodium Hypochlorite Through Different Agitation Techniques. *JEndod.* , 686- 691.
- Jose, L. C. (11 de 10 de 2024). *Balance microscopico de cantidad de movimiento, Balancede energía mecánica.*

- Kamburis, J., Barker, T., Barfield, R., C Eleazer, P. (2003). Removal of organic debris from bovine dentin shavings. . *J. Endod.* , 29, 559–561.
- Macedo R, V. B. (2014.). Cavitation measurement during sonic and ultrasonic activated irrigation. *J Endod* , 40: 4.
- Morales-Guevara, A. (2017). In vitro Dentinary Penetration of Sodium Hypochlorite at Different Concentrations with the Conventional and Ultrasonic Passive Irrigation Techniques. International journal of odontostomatology. *International journal of odontostomatology*,, 305-309.
- Pişkin B, T. M. (1995). Stability of various sodium hypochlorite solutions. *JEndod.*, 253-5.
- Poggio C, C. M. (2015). Viscosity of endodontic irrigants: Influence of temperature. *Dent Res J* , 12(5):425-30..
- Ponzano. (2007). Sodium hypochlorite: history, properties, electrochemical production. *Contrib Nephrol.*, 154:7-23.
- Richard Horobin, J. K. (2002). *Conn's Biological Stains: A Handbook of Dyes, Stains and Fluorochromes for Use in Biology and Medicine*. London: 10th Edition, (ed. Horobin, R.W. and Kiernan, J.A). Bios, 2002.
- Ronco C, M. G. (2007). Desinfección mediante hipoclorito de sodio: aplicaciones de diálisis. *Basilea, Karger*, vol 154, págs. 7-23.
- Saberi EA, F.-M. N. (2019). Difference between the Actual and Labeled Concentrations of Several Domestic Brands of Sodium Hypochlorite. *Iran Endod J.*, 139-143.
- Sirtes, G., Waltimo, T., Schaetzle, M., C Zehnder, M. (2005,). The effects of temperature on sodium hypochlorite short-term stability, pulp dissolution capacity, and antimicrobial efficacy. . *J. Endod.*, 669–671.

- Sirtes, G., Waltimo, T., Schaetzle, M., C Zehnder, M. (2005). The effects of temperature on sodium hypochlorite short-term stability, pulp dissolution capacity, and antimicrobial efficacy. *J. Endod.*, 669–671.
- Song B, S. J. (1996). Determination of interfacial tension from the profile of a pendant drop using computer-aided image processing. *J Colloid Interface*, 184.
- Spanó JCE, B. E. (2001). Solvent action of sodium hypochlorite on bovine pulp and physico- chemical properties of resulting liquid. *Brazilian Dental Journal*, 154–7.
- Van der Waal SV, v. D. (2014). An evaluation of the accuracy of labeling of percent sodium hypochlorite on various commercial and professional sources. *An evaluation of the accuracy of labeling of percent sodium hypochlorite on various commercial and professional sources: is sodium hypochlorite from J Endod*, 2049-52.
- Vieira AR, S. J. (Feb de 2012). Dentinal tubule infection as the cause of recurrent disease and late endodontic treatment failure. *J Endod.*, 250-4. doi:doi: 10.1016/j.joen.2011.10.019
- Virdee SS, F. D. (2020). The influence of irrigant activation, concentration and contact time on sodium hypochlorite penetration into root dentine: an ex vivo experiment. *Int Endod J.*, 986- 997.
- Widbiller M, R. A. (2023). Impact of Endodontic Irrigant Activation on Smear Layer Removal and Surface Disintegration of Root Canal Dentine In Vitro. *Healthcare* , 376.
- Zou L, S. Y. (2010). Penetration of sodium hypochlorite into dentin. *J Endod*, 793-

Apéndices

Consentimiento informado

	Penetración de hipoclorito de sodio en túbulos dentinales: Estudio comparativo de cinco soluciones mediante tinción con cresyl violeta y Estereomicroscopía	Página: 1 de 2
		Versión: 01
		Fecha: 4/12/25

Consentimiento Informado para la Donación de Premolares Extraídos con Fines de Ortodoncia para el estudio denominado**Nombre del Paciente:** _____**Documento de Identidad:** _____**Edad:** _____ **Género:** _____**Dirección:** _____**Teléfono:** _____**Correo Electrónico:** _____**Introducción**

Este documento tiene como propósito brindarle información detallada acerca de su participación en un estudio realizado por estudiantes del posgrado de Endodoncia de la Universidad Santo Tomás seccional Bogotá. Su participación consiste en la donación de premolares que serán extraídos con fines de ortodoncia. A continuación, se describirá el estudio y los aspectos éticos relacionados con su participación.

Descripción del Estudio

El objetivo de este estudio es evaluar la eficacia de diferentes soluciones de hipoclorito de sodio en la penetración en los túbulos dentinales. La investigación se llevará a cabo en un modelo de bloque de dentina utilizando los premolares donados. La única participación requerida de usted como paciente es la donación de los premolares que serán extraídos como parte de su tratamiento ortodóntico.

Procedimiento

Las exodoncias serán realizadas por cirujanos orales o maxilofaciales calificados en condiciones clínicas apropiadas. Después de la extracción, los dientes serán utilizados exclusivamente para fines de investigación. Su donación es voluntaria y no tendrá ninguna otra vinculación con el estudio.

Riesgos y Complicaciones

Es importante destacar que cualquier riesgo o complicación derivada del procedimiento de extracción será responsabilidad del equipo clínico encargado de la exodoncia y no del estudio en sí. El estudio no asume responsabilidad por posibles complicaciones relacionadas con el procedimiento de extracción.

Confidencialidad

La información personal y los datos relacionados con su participación serán tratados con estricta confidencialidad y serán utilizados únicamente para los propósitos de este estudio. Los resultados serán reportados de manera anónima, si usted tiene preguntas adicionales que considera deben ser respondidas puede comunicarse con los Doctores Alirio Jose Gutierrez Fernandez ,Tel 3146105137 y Nelson Junior Ruiz Perez Tel 3014477382.

Beneficios

Aunque usted no recibirá beneficios directos de esta investigación, su donación contribuirá al avance del conocimiento científico en el campo de la Endodoncia.

Derecho a Retirarse

Usted tiene derecho a retirar su consentimiento en cualquier momento, sin necesidad de dar explicaciones y sin que esto afecte su atención médica.

Consentimiento

He leído y comprendido la información proporcionada en este documento. He tenido la oportunidad de hacer preguntas y todas mis dudas han sido resueltas satisfactoriamente. Doy mi consentimiento para la donación de mis premolares extraídos con fines de ortodoncia para ser utilizados en este estudio científico.

Firma del Paciente: _____

Fecha: _____

Firma del Investigador Responsable: _____

Nombre del Investigador Responsable: _____

Fecha: _____

