



finis
Universidad Finis Terrae
Facultad de Odontología

UNIVERSIDAD FINIS TERRAE
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
ESCUELA DE ODONTOLOGÍA

ANÁLISIS TURBIDIMÉTRICO DE LA CAPACIDAD DISGREGANTE DEL D-LIMONENO SOBRE GUTAPERCHA DE USO ENDODÓNTICO. ESTUDIO EXPLORATORIO.

CÉSAR FERNANDO LOYOLA SÁNCHEZ

BENJAMÍN SANTIAGO MENA BUENO

Tesis presentada a la Facultad de Odontología de la Universidad Finis Terrae,
para optar al título profesional de Cirujano Dentista

Profesor Guía: Dr. Alejandro Esteban Oyarzún Droguett

Santiago, Chile

2024

DEDICATORIA

A mi madre Elizabeth, quien ha sido la fuente de inspiración y el pilar que me ha mantenido en el largo camino estos seis años de carrera. Gracias por tu amor incondicional, por creer en mí en cada paso del camino, incluso cuando dudaba o el mundo se me iba abajo. Cada esfuerzo y sacrificio que has hecho para apoyarme en este viaje lo llevo en el corazón. Este logro es tanto tuyo como mío, porque sin tu guía y fortaleza, no habría llegado hasta aquí. Te amo más de lo que las palabras pueden expresar.

César.

A Tamara, quien llegó a mi vida como un rayo de luz en medio de la tormenta. Con tu amor y tu forma de ver el mundo, me enseñaste que la verdadera fuerza no reside en lo que podemos lograr por nosotros mismos, sino en la capacidad de abrir nuestro corazón y permitir que otros iluminen nuestro camino. Eres la voz suave que calma mis miedos, la risa que da sentido a mis días, y el refugio donde mi alma encuentra paz. En un mundo que parece girar sin pausa, tú eres mi constante, mi ancla en el mar del caos. Este trabajo también es tuyo, porque cada palabra, cada esfuerzo, está impregnado del amor y la inspiración que me das. Gracias por ser la compañera con la que siempre soñé, por estar a mi lado no solo en este proceso, sino en la vida misma, dándome el valor para seguir adelante y recordándome que el verdadero éxito no se mide en logros, sino en los corazones que tocamos y en el amor que compartimos.

César.

A Dios, por abrirme las puertas y bendecirme día a día, tú guías mi camino. Gracias por las oportunidades y puertas que abres padre.

Catalina mi madre, mujer valiente y empoderada, la que siempre estuvo apoyándome incondicionalmente, tu esfuerzo y tu valor me han hecho la persona que soy. Tu aliento y ganas de salir adelante me motivan todos los días, gracias por amarme y ayudarme a ser mejor siempre.

A mis abuelos Santiago y María, que no solo me brindaron amor y cuidados, sino que también me criaron como a un hijo. Estaré eternamente agradecido por amarme de una forma tan generosa e incondicional, a ustedes les debo todo lo que soy.

A Bernardo y Angelica, los que vieron en mí un potencial a lo largo de mi vida, en días de soledad ustedes me cubrieron y protegieron como a un hijo más. Estaré eternamente agradecido de haberme apoyado y dado las herramientas para poder desarrollarme hasta el día de hoy. Los amo incondicionalmente como un hijo más.

Benjamín.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos profundamente al Dr. Oyarzún quien, desde el primer año, cuando nos encontramos en las clases de Histología, hasta este momento culminante de la tesis, usted ha sido nuestro mentor excepcional. No solo nos enseñó la ciencia detrás de la odontología, sino también la pasión y la dedicación que requiere ejercer esta profesión. Su forma de enseñar, siempre dinámica y llena de energía, ha dejado una marca imborrable en nuestros caminos. Agradecemos profundamente su apoyo constante, su guía y filosofía de vida, que han sido un ejemplo a seguir. Gracias por ser más que un profesor; gracias por ser un verdadero maestro y mentor en cada etapa de nuestro viaje académico.

César y Benjamín.

ÍNDICE

RESUMEN	7
ABSTRACT	8
INTRODUCCIÓN	9
MARCO TEÓRICO	11
OBJETIVOS	16
MATERIAL Y MÉTODOS	17
RESULTADOS	19
DISCUSIÓN	22
CONCLUSIÓN	25
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Distribución experimental de conos de gutapercha según solvente y tiempo de exposición.....	17
Tabla 2: Absorbancia inicial y final de los solventes a los 5 minutos	19
Tabla 3: Absorbancia inicial y final de los solventes a los 30 minutos	20
Tabla 4: Diferencias significativas en la absorbancia inicial y final de los solventes a los 5 minutos.	20
Tabla 5: Diferencias significativas en la absorbancia inicial y final de los solventes a los 30 minutos.....	21

RESUMEN

Antecedentes: La gutapercha, ampliamente empleada en Endodoncia para el sellado tridimensional de conductos radiculares, requiere solventes efectivos para su desobturación total durante un retratamiento. El D-limoneno, derivado de aceites esenciales, ha surgido como una alternativa eficaz frente a solventes tradicionales como Xilol y Eucaliptol.

Objetivos: Determinar turbidimétricamente la capacidad de disgregación del D-limoneno sobre gutapercha de uso endodóntico en función del tiempo, comparando su eficacia con la de otros solventes endodónticos

Materiales y métodos: Se expusieron 120 conos de gutapercha a Histoclear® (D-limoneno), Xilol, y Eucaliptol durante 5 y 30 minutos, seguido de agitación mecánica. La absorbancia se midió con un espectrofotómetro UV-VIS a 800 nm, y los datos fueron analizados mediante ANOVA de tres vías y la prueba de Tukey.

Resultados: Los análisis estadísticos confirmaron diferencias significativas en la absorbancia entre los solventes. Antes de la agitación, el Xilol presentó la mayor turbidez ($p < 0.05$), sin diferencias entre D-limoneno y Eucaliptol ($p > 0.05$). Tras la agitación, el D-limoneno superó al Eucaliptol en turbidez ($p < 0.05$), aunque el Xilol siguió siendo el más eficaz ($p < 0.05$). Visualmente, el Xilol produjo un color rosado lechoso más evidente, mientras que el Eucaliptol mostró el menor cambio.

Discusiones y conclusiones: Histoclear® es una alternativa viable para la desobturación total de conductos. El D-limoneno, con propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y hepatoprotectoras, se prefiere sobre solventes más tóxicos como el Xilol y productos con Eucaliptol.

El D-limoneno mostró un efecto disolutivo intermedio entre Xilol y Eucaliptol, siendo efectivo únicamente tras la aplicación de agitación mecánica.

Palabras clave: *gutapercha, solventes de gutapercha, espectrofotometría, D-limoneno.*

ABSTRACT

Background: Gutta-percha, widely used in Endodontics for the three-dimensional sealing of root canals, requires effective solvents for complete removal during retreatment. D-limonene, derived from essential oils, has emerged as an efficient alternative to traditional solvents such as Xylol and Eucalyptol.

Objectives: To determine the disintegration capacity of D-limonene on endodontic gutta-percha using turbidimetry, comparing its efficacy with other endodontic solvents over time.

Materials and Methods: A total of 120 gutta-percha cones were exposed to Histoclear® (D-limonene), Xylol, and Eucalyptol for 5 and 30 minutes, followed by mechanical agitation. Absorbance was measured using a UV-VIS spectrophotometer at 800 nm, and the data were analyzed using three-way ANOVA and Tukey's test.

Results: Statistical analyses confirmed significant differences in absorbance among the solvents. Before agitation, Xylol exhibited the highest turbidity ($p < 0.05$), with no differences between D-limonene and Eucalyptol ($p > 0.05$). After agitation, D-limonene showed higher turbidity than Eucalyptol ($p < 0.05$), although Xylol remained the most effective solvent ($p < 0.05$). Visually, Xylol produced a more evident milky pink color, while Eucalyptol showed the least change.

Discussion and Conclusions: Histoclear® is a viable alternative for complete root canal retreatment. D-limonene, with antioxidant, anti-inflammatory, and hepatoprotective properties, is preferred over more toxic solvents like Xylol and Eucalyptol-containing products. D-limonene exhibited an intermediate dissolving effect between Xylol and Eucalyptol, being effective only with the application of mechanical agitation.

Keywords: gutta-percha, gutta-percha solvents, spectrophotometry, D-limonene.

INTRODUCCIÓN

La Endodoncia es la rama de la Odontología cuyos objetivos más importantes son el diagnosticar, tratar y pronosticar las enfermedades de la pulpa dental y de la región periapical. El tratamiento endodóntico no quirúrgico es la modalidad de terapia más utilizada por esta disciplina (1, 2).

El éxito del tratamiento endodóntico no quirúrgico depende de varios factores relacionados con la biopatología de las enfermedades y con la técnica endodóntica. En ocasiones se puede presentar un fracaso en el tratamiento endodóntico por la imposibilidad de eliminar eficientemente el biofilm del conducto radicular o de la región periapical, por lo cual es necesario considerar y realizar un retratamiento (2, 3).

Hay diversas técnicas que permiten la remoción del relleno endodóntico de gutapercha y cementos selladores, tales como: técnica mecánica, térmica, química, entre otras. El uso de disolventes orgánicos facilita enormemente la eliminación del relleno endodóntico por disolución o reblandecimiento de la gutapercha. Sin embargo, los productos químicos más eficaces son potencialmente tóxicos o peligrosos. Por ejemplo, el Cloroformo y Xilol son los dos disolventes más utilizados, pero el Cloroformo está prohibido por la Administración de Alimentos y Medicamentos de EE. UU. por ser potencialmente cancerígeno. El Xilol actualmente, está disponible para el uso clínico y no se considera carcinógeno, pero es muy tóxico para los tejidos. También está el Eucaliptol que puede utilizarse como alternativa que no posee los efectos antes mencionados, aunque se ha demostrado que disuelve la gutapercha con menor eficacia en comparación al Cloroformo y Xilol (3, 4).

Los aceites esenciales como el aceite de naranja son capaces de disolver la mayoría de los selladores endodónticos. Se ha demostrado que este disolvente es seguro, biocompatible, no cancerígeno y útil para disolver gutapercha. Pécora et al., (5) informaron que el aceite de naranja ablandaba los conos de gutapercha durante el retratamiento endodóntico con resultados similares al Xilol, y podría utilizarse como disolvente alternativo. El aceite de naranja está compuesto por más de un 90% por D-Limoneno, siendo este capaz de modificar la estructura física de la gutapercha y producir su disolución (1, 5, 6).

El presente estudio exploratorio busca responder la siguiente pregunta de investigación: “¿Cómo afecta a la disgregación de la gutapercha de uso endodóntico el tiempo de exposición al D-limoneno?”. Es importante conocer la eficacia de un solvente para la disolución de un relleno endodóntico ya que la técnica de retratamiento debe ser eficaz para la disminución del tiempo clínico.

MARCO TEÓRICO

La Endodoncia, es la rama de la odontología que se ocupa de la morfología, fisiología y patología de la pulpa dental humana y los tejidos perirradiculares. Su estudio y práctica abarcan las ciencias básicas y clínicas, incluyendo la biología de la pulpa normal, así como la etiología, diagnóstico, prevención y tratamiento de las enfermedades y lesiones de la pulpa y las condiciones perirradiculares asociadas (2).

Numerosos estudios han demostrado que las tasas de éxito de los tratamientos endodónticos no quirúrgicos varían del 69.3 al 96% (7, 8). Una vez finalizada la preparación químico-mecánica del tratamiento, se debe realizar la obturación del sistema de conductos radiculares. Esto tiene por objetivo el llenado de la porción preparada del conducto con materiales inertes o antisépticos que promuevan un sellado estable, tridimensional y que promueva o no interfiera con el proceso de reparación. La obturación va a permitir generar un medio inviable para la supervivencia de los microorganismos, evita el estancamiento de líquidos, ofrece condiciones para que se produzca la reparación y contribuye así, de manera decisiva, al éxito de la terapia endodóntica. El material comúnmente empleado para obturar el sistema de conductos radiculares corresponde a un material termoplástico que ha sido utilizado por más de 100 años, denominado Gutapercha (GP) (9). Sin embargo, el fracaso de la terapia endodóntica para el tratamiento de las periodontitis apicales es una realidad (7, 8, 9, 10).

La desobturación total es un procedimiento clínico que se realiza durante el retratamiento para retirar completamente los conos de gutapercha y cemento endodóntico utilizados durante la obturación del conducto radicular (OCR), con el objetivo de repetir el tratamiento endodóntico. Un retratamiento endodóntico no quirúrgico se realiza para restablecer la salud periodontal en dientes tratados previamente y que no muestran signos clínicos y/o radiográficos de reparación de los tejidos periapicales. Este procedimiento involucra la remoción total del material de obturación preexistente, la limpieza, desinfección, conformación y reobturación del conducto. La Asociación Americana de Endodoncistas en 2016 define al Retratamiento como un procedimiento realizado para eliminar los materiales de obturación del conducto radicular del diente, seguido de la limpieza, modelado y posterior obturación de los conductos (2, 11, 12, 13, 14, 15, 16).

La GP es un polímero orgánico de metilbutadieno o isopreno ($\text{H}_2\text{C}=\text{C}(\text{CH}_3)\text{-CH}=\text{CH}_2$), siendo clasificado como un terpenoide, específicamente, como un politerpeno. Está formado por una cadena átomos unidos por enlaces covalentes no polares (apolar). Estas cadenas son largas, y su peso molecular oscila entre 104 a 106 g/mol. El tamaño y disposición de las moléculas en cadena están determinadas por las fuerzas de atracción entre ellas, conocidas como fuerzas de Van der Waals, específicamente la dispersión de London. Estas interacciones modifican las características de los polímeros, creando especificidades para cada tipo de cadena (9).

El caucho y la GP se consideran isómeros porque tienen la misma fórmula molecular, pero sus estructuras son diferentes. La diferencia en la disposición de los átomos es la responsable del cambio en cuanto a las propiedades mecánicas y térmicas de los polímeros. El caucho se considera como 1,4-cis-poliisopreno y tiene CH_2 en el mismo lado que los enlaces dobles. En cambio, la GP es un 1,4-trans-poliisopreno y tiene CH_2 en los lados opuestos de los enlaces dobles. La forma cis del caucho es una cadena más ondulada, lo que otorga peculiaridades atribuidas a

los elastómeros. Por otro lado, la forma trans de la GP es más lineal y cristaliza más rápido, por lo que es más rígida, friable y menos elástica que el caucho (9).

Los conos de GP de uso endodóntico, se producen mezclando sustancias orgánicas (15,7% a 26.7%) e inorgánicas (54,3% a 84.3%), lo que les confiere características únicas, según la proporción establecida por el fabricante. La parte orgánica está compuesta por GP, ceras y resinas. Mientras que la inorgánica por óxido de zinc, que actúa como bactericida y radiopacificante junto al sulfato de bario. Algunos conos de GP añaden colorantes y sustancias antibacterianas como hidróxido de calcio, clorhexidina y yodoformo. Mientras mayor sea la cantidad de óxido de zinc presente en el cono, más rígido y frágil se vuelve (9).

Existen varios métodos utilizados para desobturar los conductos radiculares, como enfoques mecánicos, sistema de ultrasonido, la aplicación de calor y/o solventes químicos (3, 4).

El Cloroformo se ha utilizado ampliamente en procedimientos de retratamiento para ablandar la gutapercha y facilitar su extracción del conducto radicular. El Cloroformo es un compuesto orgánico con la fórmula CHCl_3 . A pesar de que su molécula es polar, se clasifica como un disolvente no polar. Especialmente útil para disolver moléculas no polares o grasas. La eficacia, seguridad y beneficios del Cloroformo como solvente en el tratamiento endodóntico han sido confirmados. No obstante, se han documentado efectos secundarios por exposición al Cloroformo. Estudios indican que el cloroformo podría ser carcinogénico para los humanos. Según la Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer, el Cloroformo está clasificado como un carcinógeno del grupo 2B, lo que implica que hay insuficiente evidencia de carcinogenicidad en humanos, pero suficiente en animales (7, 17, 18). En EE. UU está prohibido por la Administración de Alimentos y Medicamentos debido a su potencial carcinogénico (4).

Otro compuesto químico utilizado como solvente de rellenos endodónticos es el Xilol. El Xilol es un hidrocarburo aromático con la fórmula $C_6H_4(CH_3)_2$. Está actualmente disponible para uso clínico y no se considera carcinogénico, aunque es altamente tóxico para los tejidos. Estudios indican que este solvente es muy eficaz para actuar sobre la gutapercha, pero puede causar irritación severa en la mucosa por contacto o inhalación, y puede resultar en la depresión del sistema nervioso; cefaleas; mareos; náuseas y vómitos (18, 19, 20).

Otro compuesto utilizado ampliamente en la clínica endodóntica es el Eucaliptol. Este solvente es un monoterpeno monocíclico de origen natural con un olor aromático y parecido al alcanfor, con la fórmula $C_{10}H_{18}O$, que se encuentra en los aceites esenciales de varias especies de plantas del Eucalipto. Se ha utilizado como disolvente de relleno endodóntico. Sin embargo, aunque el Eucaliptol es eficaz para la eliminación de algunos restos de material de obturación, no se considera uno de los solventes más eficaces para disolver rellenos endodónticos como la gutapercha (18, 19, 20, 21, 22).

El D-limoneno, componente principal del aceite de naranja es un hidrocarburo monoterpénico ($C_{10}H_{16}$). Este compuesto tiene una gran cantidad de efectos sobre células y tejidos, y tiene un potencial uso como agente antioxidante, antiinflamatorio, anticancerígeno, antidiabético, gastroprotector, antiaterogénico, hipolipidémico, cardioprotector, antifibrótico, inmunomodulador, antiestrés, antigenotóxico, hepatoprotector, renoprotector, y adicionalmente como “disolvente no tóxico” de material de relleno endodóntico (22, 23).

En los últimos años, se han investigado productos naturales que contengan D-limoneno como lo es el aceite de naranja, debido a su seguridad, propiedades biológicas y eficacia en la eliminación de la gutapercha. El mecanismo de disolución puede explicarse por las propiedades químicas (7).

El D-limoneno es una molécula cíclica no polar, y se clasifica como un disolvente no polar. Considerando estas propiedades, este solvente es capaz de interactuar con las cadenas poliméricas de la GP, con fuerzas similares al Cloroformo. Este proceso separa o rompe las interacciones intermoleculares entre las cadenas poliméricas de la GP, y como consecuencia de la solvatación, la GP se vuelve viscosa y se dispersa en el disolvente dada la mayor interacción de Van der Waals entre el D-limoneno y la cadena polimérica (7, 24).

OBJETIVOS

- **Problema a investigar**

¿Cómo afecta a la disgregación de la gutapercha de uso endodóntico el tiempo de exposición al D-limoneno?

- **Objetivo general**

Determinar turbidimétricamente la disgregación del D-limoneno sobre gutapercha de uso endodóntico en función del tiempo.

- **Objetivos específicos**

- 1) Comparar la capacidad disgregante del D-limoneno con otros solventes de uso endodóntico.
- 2) Valorar la capacidad disgregante del D-limoneno sobre gutapercha de uso endodóntico tras la agitación.

MATERIAL Y MÉTODOS

- **Muestra**

La muestra de este estudio estuvo constituida por 120 conos de gutapercha de la marca Dentsply Sirona (ISO 6877) de conicidad al 2% estandarizados. Se excluyeron de la muestra los especímenes que tuvieran algún defecto morfológico evidente.

- **Metodología**

Todos los especímenes de la muestra se colocaron en un tubo Eppendorf de 1,5 ml de capacidad.

Cada cono de gutapercha fue incubado durante 5 y 30 minutos en 1,3 ml de Histoclear® (National Diagnostics, US), Xilol (Merck, Germany), Eucaliptol (Hertz, Santiago de Chile).

El procedimiento experimental se realizó de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 1. Distribución experimental de conos de gutapercha según solvente y tiempo de exposición.

MUESTRA	MINUTOS	HISTOCLEAR	XILOL	EUCALIPTOL
n = 120	5	n = 20	n = 20	n = 20
	30	n = 20	n = 20	n = 20

- **Espectrofotometría**

El contenido de cada tubo Eppendorf con los distintos solventes en los dos tiempos analizados fue colocado en cubetas semi-micro de 2,5 ml (Sterilin ISO 9002, USA).

Se midió la absorbancia en espectrofotómetro Jenway 6300 UV-VIS a 800 nm (absorbancia inicial). Como blanco se utilizó cada uno de los solventes puros. Luego de esta medición se recuperó el contenido de la cubeta de lectura y se reincubó nuevamente cada cono de gutapercha; se homogeneizó la mezcla en un Vortex Scilogex MX-S con velocidad y presión constante durante 30 segundos. Luego de este procedimiento se hizo una lectura de absorbancia final en las mismas condiciones de acuerdo con lo descrito anteriormente.

- **Análisis e interpretación de los datos**

Las mediciones de absorbancia para cada espécimen en los distintos solventes utilizados y en los tiempos analizados se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) de tres vías, utilizando el software GraphPad Prism 10.4.0. Este método estadístico permitió evaluar los efectos principales de las siguientes variables: tipo de solvente, tiempo de exposición y agitación, así como sus posibles interacciones. Se consideró un nivel de significancia estadística de $p < 0.05$. Adicionalmente, se realizaron comparaciones múltiples post hoc mediante la prueba de Tukey para identificar diferencias específicas entre los solventes en cada tiempo analizado.

RESULTADOS

Se pudo observar a la inspección visual que los especímenes incubados en Xilol, el solvente presentó un color rosado lechoso y un mayor aumento de la turbidez. Esta misma observación permitió detectar que los especímenes incubados en Eucaliptol presentaron el menor grado de aumento de la turbidez en comparación con Histiclear® y Xilol.

La distribución de las absorbancias se puede observar en las siguientes tablas:

Tabla 2. Absorbancia inicial y final de los solventes a los 5 minutos.

TIEMPO 5 MIN	HISTOCLEAR		XILOL		EUCALIPTOL	
	Absorbancia Inicial	Absorbancia Final	Absorbancia Inicial	Absorbancia Final	Absorbancia Inicial	Absorbancia Final
1	0,009	1,064	0,053	1,656	0,011	0,033
2	0,006	0,587	0,035	1,664	0,016	0,031
3	0,003	0,750	0,045	1,689	0,020	0,026
4	0,005	0,580	0,053	1,539	0,025	0,027
5	0,006	0,928	0,044	1,304	0,006	0,026
6	0,004	0,688	0,087	1,530	0,023	0,027
7	0,009	0,788	0,006	1,557	0,021	0,029
8	0,008	0,606	0,039	1,513	0,017	0,032
9	0,004	0,698	0,029	1,532	0,027	0,032
10	0,006	0,770	0,002	1,487	0,020	0,033
11	0,025	0,977	0,067	1,308	0,017	0,042
12	0,025	0,921	0,060	1,612	0,020	0,044
13	0,022	1,004	0,035	1,371	0,019	0,044
14	0,024	0,697	0,069	1,404	0,020	0,032
15	0,026	0,861	0,072	1,612	0,022	0,032
16	0,027	1,013	0,069	1,342	0,022	0,037
17	0,028	0,674	0,059	1,595	0,023	0,042
18	0,023	0,785	0,015	1,580	0,025	0,035
19	0,029	0,559	0,048	1,382	0,027	0,046
20	0,026	0,635	0,053	1,845	0,027	0,048

Tabla 3. Absorbancia inicial y final de los solventes a los 30 minutos.

TIEMPO 30 MIN	HISTOCLEAR		XILOL		EUCALIPTOL	
	Absorbancia Inicial	Absorbancia Final	Absorbancia Inicial	Absorbancia Final	Absorbancia Inicial	Absorbancia Final
1	0,007	0,861	0,064	1,980	0,015	0,022
2	0,016	0,905	0,070	1,889	0,014	0,020
3	0,007	0,703	0,043	1,743	0,015	0,024
4	0,010	0,707	0,083	1,854	0,016	0,021
5	0,013	0,646	0,050	1,726	0,012	0,028
6	0,011	0,578	0,067	1,798	0,014	0,023
7	0,014	0,662	0,069	1,745	0,014	0,027
8	0,013	0,882	0,040	1,728	0,010	0,028
9	0,013	0,684	0,100	1,753	0,010	0,024
10	0,007	0,695	0,054	1,677	0,018	0,028
11	0,007	0,536	0,069	1,750	0,017	0,028
12	0,009	0,648	0,061	1,795	0,014	0,027
13	0,012	0,515	0,040	1,744	0,011	0,028
14	0,012	0,700	0,030	1,783	0,018	0,021
15	0,015	0,612	0,064	1,703	0,014	0,027
16	0,021	0,530	0,060	1,777	0,015	0,027
17	0,014	0,539	0,036	1,439	0,015	0,021
18	0,020	0,675	0,042	1,217	0,014	0,030
19	0,020	0,842	0,034	1,664	0,012	0,028
20	0,026	0,520	0,030	1,318	0,016	0,027

Tabla 4. Diferencias significativas en la absorbancia inicial y final de los solventes a los 5 minutos.

CONDICIÓN	COMPARACIÓN SOLVENTES	VALOR p	OBSERVACIÓN
Absorbancia inicial	Xilol vs. D-limoneno	$p < 0.05$	Diferencia significativa.
	Xilol vs. Eucaliptol	$p < 0.05$	Diferencia significativa.
	D-limoneno vs. Eucaliptol	$p > 0.05$	No hay diferencia significativa.
Absorbancia final	Xilol vs. D-limoneno	$p < 0.05$	Diferencia significativa.
	Xilol vs. Eucaliptol	$p < 0.05$	Diferencia significativa.
	D-limoneno vs. Eucaliptol	$p < 0.05$	Diferencia significativa.

Tabla 5. Diferencias significativas en la absorbancia inicial y final de los solventes a los 30 minutos.

CONDICIÓN	COMPARACIÓN SOLVENTES	VALOR p	OBSERVACIÓN
Absorbancia inicial	Xilol vs. D-limoneno	$p < 0.05$	Diferencia significativa.
	Xilol vs. Eucaliptol	$p < 0.05$	Diferencia significativa.
	D-limoneno vs. Eucaliptol	$p > 0.05$	No hay diferencia significativa.
Absorbancia final	Xilol vs. D-limoneno	$p < 0.05$	Diferencia significativa.
	Xilol vs. Eucaliptol	$p < 0.05$	Diferencia significativa.
	D-limoneno vs. Eucaliptol	$p < 0.05$	Diferencia significativa.

DISCUSIÓN

La disolución de la GP con solventes químicos es un procedimiento ampliamente utilizado en la clínica endodóntica para la desobturación de conductos de piezas dentarias que requieren un retratamiento (11, 12, 13, 14, 15, 16).

La literatura odontológica revela que la disolución de la gutapercha mediante agentes químicos ha sido profusamente estudiada en los últimos años, es así como uno de los métodos más utilizados es el análisis de la pérdida de peso de la gutapercha cuando es expuesta a disolución química. Para analizar la pérdida de peso se han propuesto varias situaciones experimentales: El uso de conos de gutapercha; discos de gutapercha; modelos estandarizados de acero con muestras de gutapercha (1, 4, 17).

Jain et al., (2017) expusieron conos de gutapercha calibre 40, conicidad al 2% (SureEndo, Corea) a los efectos del Xilol y aceite de naranja. Los resultados arrojaron que la pérdida de peso de todos los tipos de gutapercha fue mayor en Xilol que el aceite de naranja. Sin embargo, la prueba estadística demostró que no había diferencias significativas entre ambos solventes (1).

Independientemente de la metodología utilizada en todos los estudios mencionados que valoran el peso de la gutapercha, el Xilol fue la molécula que mejor disolvió la gutapercha en cada uno de los ensayos.

Metodológicamente el único estudio que utilizó una propuesta similar a la nuestra fue Jain et al., (2017) el que utilizó conos de gutapercha individuales, expuestos a

la acción disolutiva de Xilol y aceite de naranja, y la valoración del peso. Sin embargo, las razones por las cuales no existió diferencias significativas entre el poder disolvente de Xilol y aceite de naranja no son discutidas por los autores (1). Nosotros proponemos que la manipulación física de conos de gutapercha reblandecidos por el agente disolvente pudo haber marcado la diferencia, ya que es muy probable que trazas del material hayan quedado adheridas a las paredes del tubo o a los instrumentos con que los conos fueron manipulados.

La revisión bibliográfica de la literatura nos permite proponer que nuestro estudio es el primero que, utilizando turbidimetría y medición de absorbancia, permite valorar la disolución de los conos de gutapercha por acción química. Considerando lo anterior, nuestras mediciones son solo parcialmente comparables con los resultados anteriormente descritos, ya que nuestros resultados fueron obtenidos con métodos espectrofotométricos.

El límite de detección (LOD) de un espectrofotómetro UV-VIS generalmente varía desde microgramos por mililitros ($\mu\text{g/mL}$) hasta nanogramos por mililitro (ng/mL), dependiendo del instrumento y las condiciones experimentales (25). Considerando lo anterior, podemos enunciar que nuestro método espectrofotométrico presenta una sensibilidad mayor en la capacidad de detección en la disolución de la gutapercha comparado con el estudio anterior, en el cual la valoración del poder disolvente de Xilol y aceite de naranja se realizó mediante la diferencia de peso, no encontrándose diferencias significativas entre ambos solventes.

Una observación importante fue que, tanto a los 5 minutos como a los 30 minutos sin agitación se observaron diferencias significativas solo entre Xilol con D-limoneno, Xilol con Eucaliptol ($p < 0.05$). Sin embargo, entre Eucaliptol y D-limoneno no hubo diferencias significativas ($p > 0.05$).

En cambio, cuando se realizaron las lecturas de absorbancia después de la agitación para ambos tiempos estudiados, se detectaron diferencias significativas entre D-limoneno y Eucaliptol ($p < 0.05$). Además, se comprueba nuevamente que, el Xilol presenta diferencias significativas con el poder disolvente con los otros dos solventes estudiados ($p < 0.05$). Estas observaciones permiten extrapolar nuestros resultados hacia una situación clínica, ya que es evidente que durante un retratamiento endodóntico el solvente colocado en el interior de los conductos debe ser agitado mecánicamente con limas endodónticas o dispositivos de otra naturaleza para provocar la disolución y reblandecimiento del relleno endodóntico con mayor eficiencia.

Los resultados obtenidos en este estudio permiten catalogar a D-limoneno, contenido en el Histoclear® como una alternativa viable para la desobturación total de conductos en endodoncia. Las propiedades tales como: antioxidante, antiinflamatoria, anticancerígena, inmunomoduladora, antigenotóxica, hepatoprotectora (23), sustentarían, además, preferir productos comerciales que contengan D-limoneno por sobre compuestos tóxicos y citotóxicos como el Xilol, y por productos comerciales que contengan Eucaliptol, el cual posee un efecto disolvente menor que el D-limoneno, tal cual como ha sido demostrado en este estudio.

CONCLUSIÓN

Se concluye que el D-limoneno presenta un efecto disolutivo intermedio entre Xilol y Eucaliptol, solamente después de una agitación mecánica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Jain A, Choudhary B, Patidar N, Bhadoria K, M.S A. In-vitro Comparison of Dissolution Efficacy of Refined Orange oil over Xylene on Various Forms of Gutta Percha. IOSR Journal of Dental and Medical Sciences [Internet]. 2017 Apr;16(04):06–9. Available from: <https://www.iosrjournals.org/iosr-jdms/papers/Vol16-issue4/Version-3/B1604030609.pdf>
2. American Association of Endodontists. Glossary of Endodontic Terms. 9th ed. Chicago: American Association of Endodontists; 2016.
3. Aminsobhani M, Razmi H, Hamidzadeh F, Rezaei Avval A. Evaluation of the antibacterial effect of xylene, chloroform, eucalyptol, and orange oil on *Enterococcus faecalis* in nonsurgical root canal retreatment: An ex vivo study. Biomed Res Int [Internet]. 2022;2022:1–9. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1155/2022/8176172>
4. Gorduysus O, Tasman F, Tuncer S, Etikan I. Solubilizing efficiency of different gutta-percha solvents: A comparative study [Internet]. Jst.go.jp. 1997. Disponible en: https://www.jstage.jst.go.jp/article/josnusd1959/39/3/39_3_133/_pdf
5. Pécora JD, Spanó JC, Barbin EL. In vitro study on the softening of gutta-percha cones in endodontic retreatment. Braz Dent J [Internet]. 1993;4(1). Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8180484>

6. Yadav H, Yadav R, Chandra A, Thakkar R. The effectiveness of eucalyptus oil, orange oil, and xylene in dissolving different endodontic sealers. *J Conserv Dent* [Internet]. 2016;19(4):332. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4103/0972-0707.186447>

7. Jantarat J, Malhotra W, Sutimuntanakul S. Efficacy of grapefruit, tangerine, lime, and lemon oils as solvents for softening gutta-percha in root canal retreatment procedures. *J Investig Clin Dent* [Internet]. 2013;4(1):60–3. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1111/j.2041-1626.2012.00143.x>

8. Gorni F, Gagliani M. The Outcome of Endodontic Retreatment: A 2-yr Follow-up. *J Endod* [Internet]. 2004;30(1):1–4. Disponible en: <http://journals.lww.com/00004770-200401000-00001>

9. Zanatta JN, Kopper P, Vassen AB. Gutta-percha cones: properties for current endodontic practice. *Dental Press Endod*. 2021 May-Aug;11(2):56-62. DOI: <https://doi.org/10.14436/2358-2545.11.2.056-062.oar>

10. Oyama KON, Siqueira EL, Santos M dos. In vitro study of effect of solvent on root canal retreatment. *Braz Dent J* [Internet]. 2002;13(3):208–11. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-64402002000300014>

11. Torabinejad M; Corr R; Handysides R; Shabahang S. Outcomes of nonsurgical retreatment and endodontic surgery: a systematic review. *Journal Of Endodontics*, 2009 Jul; Vol. 35 (7), pp. 930-7.

12. Sundqvist G, Figdor D, Persson S, Sjogren U. Microbiologic analysis of teeth with failed endodontic treatment and the outcome of conservative retreatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1998; 85: 86–93.
13. Farzaneh M, Abitbol S, Friedman S. Treatment Outcome in Endodontics: The Toronto Study. Phases I and II: Orthograde Retreatment. *Journal of Endodontics*, 2004, Vol.30, No.9.
14. De Chevigny C, Dao T, Basrani Marquis V, Farzaneh M, Abitbol S, Friedman S. Treatment Outcome in Endodontics: The Toronto Study. Phases III and IV: Orthograde Retreatment. *Journal of Endodontics*, 2008, Vol 34, N 2.
15. Sathorn, P. Parashos. Monitoring the outcomes of root canal re-treatments C., *Endodontic Topics* 2011, 19, 153–162.
16. Figdor D., Gulavivala K, Survival against the odds: microbiology of root canals associated with post-treatment disease. *Endodontic Topics* 2011, 18, 62–77.
17. Dagna A, Mirando M, Beltrami R, Chiesa M, Poggio C, Colombo M. Gutta-percha solvents alternative to chloroform: An in vitro comparative evaluation [Internet]. *Ecronicon.net*. 2017. Disponible en: <https://ecronicon.net/assets/ecde/pdf/ECDE-15-00511.pdf>

18. Aiswarya N, Girish TN, Ponnappa KC. An *in vitro* evaluation of effectiveness of Xylene, Thyme oil and Orange oil in dissolving three different endodontic sealers. Journal of conservative dentistry : JCD [Internet]. 2023;26(3):305–10. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37398861/>
19. Kandyala R, Raghavendra SP, Rajasekharan ST. Xylene: An overview of its health hazards and preventive measures [Internet]. Nih.gov. 2010. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2996004/>
20. DUNCAN HF, CHONG BS. Removal of root filling materials. Endodontic Topics [Internet]. 2008 Sep;19(1):33–57. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1601-1546.2011.00257.x>
21. Bhowal M, Gopal M. Eucalyptol: Safety and Pharmacological Profile. RGUHS J Pharm Sci [Internet]. 2016 Jan 8;5(4):125–31. Available from: https://www.researchgate.net/publication/292176635_Eucalyptol_Safety_and_Pharmacological_Profile
22. Uemura M, Hata G, Toda T, Weine FS. Effectiveness of eucalyptol and d-limonene as gutta-percha solvents. Journal of Endodontics [Internet]. 1997 Dec;23(12):739–41. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9487849/>
23. Anandakumar P, Kamaraj S, Vanitha MK. D-limonene: A multifunctional compound with potent therapeutic effects. J Food Biochem [Internet]. 2021;45(1). Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1111/jfbc.13566>

24. Brown T, Lemay E, Bursten B, Murphy C, Woodward P. CHEMISTRY THE CENTRAL SCIENCE, TWELFTH EDITION [Internet]. Upper Saddle River, NJ, Estados Unidos de América: Pearson; 2012. Disponible en: <https://ghostwriter144.neocities.org/img/scienceChemistryTheCentralScience12th.pdf>
25. Burgess C. Chapter 1 The basics of spectrophotometric measurement. *Techniques and Instrumentation in Analytical Chemistry*. 2007;27:1–19.