

**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA  
FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA**

**SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN ESTOMATOLOGÍA CON TERMINAL EN ENDODONCIA**

VISCOSIDAD, pH Y TENSIÓN SUPERFICIAL DE UNA FORMULACIÓN DE  
IRRIGANTE ENDODÓNTICO A BASE DE QUITOSANO/L-ARGININA/N-UREIDO  
CARBAZOL vs NaOCI

Tesis para obtener el grado de:

**MAESTRÍA EN ESTOMATOLOGÍA CON TERMINAL EN ENDODONCIA**

**PRESENTA:**

L.E. Tania García Sánchez

**RESPONSABLE DEL PROYECTO**

D.C. Alberto Vinicio Jerezano Domínguez

ID: NSS524063

**DIRECTOR DISCIPLINARIO:**

D.C. Miguel Ángel Casillas Santana

ID: 100526485

**DIRECTOR METODOLÓGICO:**

M.C.O. Francisco Javier Castillo Cano

ID: 100445599

**ASESOR EXTERNO:**

D.C. Laura Abisai Pazos Rojas

ID: L03501357

**JUNIO 2024**





**BUAP**

**Oficio No. RESEP/CIFE/041/2024**

**C. Tania García Sánchez**  
Estudiante de la Maestría en Estomatología  
con opción en Terminal en Endodancia  
Matrícula No.- 222450001  
Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado  
Facultad de Estomatología  
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla  
**PRESENTE**

Siva este medio para enviarle un cordial saludo, así como, la que suscribe MEP, Gisela Nataly Rubén de Celis Quintana en mi calidad de Secretaria de Investigación y Estudios de Posgrado de la Facultad de Estomatología de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, para comunicarle una noticia importante en relación con sus actividades académicas.

Con agrado, le informo que la Secretaría de Posgrado ha otorgado la aprobación para la impresión de su Tesis:

Tuberculosis peri y parodontal superficial de una formulación de impresión tridimensional de resina de  
Quintessenz -Amplimix®-Metformina y NaClO2

Esta tesis está inscrita en el libro de registros No. 08, página 01, con el No. de asignación 2024-24 en la Secretaría de Investigación de esta Unidad Académica. Usted presentó esta tesis para evaluar su calidad (científica) y así obtener el grado de Maestría en Estomatología con opción en Terminal en Endodancia.

La aprobación de la impresión de su tesis represente un hito significativo en su trayecto académico y profesional. Es el reflejo de su arduo trabajo, dedicación y la profundidad de su investigación en el campo de la Estomatología.

Le invito a que proceda con los pasos necesarios para la impresión y presentación de Tesis, cumpliendo con todos los normativos y plazos establecidos por la Facultad. Esto incluye la revisión final de su documento, asegurándose de que desempeñe todas las requisitos académicos y formales establecidos, así como la coordinación con el Secretario para la programación de su examen profesional.

Para cualquier consulta, aclaración o información adicional, le invito a contactar directamente a este Posgrado, estamos aquí para asistirle en cada paso relevante de su proceso académico.

En otro particular, le reitero mi más atenta y distinguida consideración y le deseo éxito en la etapa final de esta carrera académica.

**Atentamente**

"Pensar bien, para vivir mejor"

H. Puebla de Z., a martes 28 de mayo del 2024

MEP Gisela Nataly Rubén de Celis Quintana  
Secretaria de Investigación y Estudios de Posgrado  
Facultad de Estomatología



**Nota:** Se anexa Formulario de Impresión de Tesis - C. Tania García Sánchez - Estomatología con opción en Terminal en Endodancia - ESEP - Facultad de Estomatología - BUAP. Legible - 2024-24  
C.c.p. Bufile  
TCD FARESEP-DMTC

Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado  
Facultad de Estomatología  
31 avenida 1364, Col. Volcanes  
Puebla, Pue.  
C.P. 72410  
Tel. Of. 22722 26 55 00  
Ext. 5526

**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA**  
**FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA**  
**SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN DE TESIS RECEPCIONAL**

Para obtener el Grado de: Maestro(a) en Estomatología con opción terminal en Endodancia

No. Registro CIFE: 2023226      Fecha de Registro ante CIFE: martes 31 de octubre del 2023.

Título de la Tesis: "Viscosidad, pH y tensión superficial de una formulación de irrigante endodóntico a base de Quitosano/L-Arginina/N-Ureidocarbazol vs NaOCl".

Nombre del alumno: Tania García Sánchez

Matrícula: 222450001

Domicilio: Calle 8 oriente No. 732-5 Col. San Pedro Acoquiaca, Tehuacán, Puebla.

Tel: 23\*81 78 23-24.

Fecha de ingreso a la Facultad: lunes 03 de enero del 2022.

Firma: \_\_\_\_\_

Director de Tesis: DC. Alberto Vinicio Jerezana Domínguez. Grado académico: Doctor en Ciencias Químico-Biológicas.

Adscripción: Facultad de Estomatología.

ID: N55524063.

Tel: 22\*24 26 95 08.

Firma: \_\_\_\_\_

Director Disciplinario: DC. Miguel Ángel Casillas Santana. Grado académico: Doctor en Ciencias Odontológicas.

Adscripción: Facultad de Estomatología.

ID: 100526485.

Tel: 44\*48 46 76 45.

Firma: \_\_\_\_\_

Director Metodológico: ME. Francisco Javier Castillo Cano. Grado académico: Maestría en Ciencias Odontológicas.

Adscripción: Facultad de Estomatología.

ID: 100445599.

Tel: 22\*11 17 72 21.

Firma: \_\_\_\_\_

Lector: DC. Laura Abisal Pazos Rojas.

Grado académico: Doctor en Ciencias en Biotecnología.

Adscripción: Facultad de Estomatología.

ID: 100531706

Tel: 22\*11 20 49 17.

Firma: \_\_\_\_\_

**Nombre y firma de aprobación del presidente de la academia/Responsable de la Maestría en Estomatología con Opción terminal en Endodancia.**

EE. Alejandro Gerardo Martínez Guerrero.

Firma: \_\_\_\_\_

**La Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado de la Facultad de Estomatología, autoriza la impresión de la Tesis.**

MEP. Gisela Nataly Rubin de Celis Quintana



Fecha actual: martes 28 de mayo del 2024.



Constancia No. FESER/CFE/250/2024

DC. Alberto Vinicio Jerezana Domínguez  
 Responsable del Proyecto de Investigación  
 Secretario de Investigación y Estudios de Posgrado  
 Facultad de Estomatología  
 Benemérita Universidad Autónoma de Puebla  
**PRESENTE**

Sea este medio para enviarle un cordial saludo, así como, lo que suscribe MEP. Gisel Hestley Rubin de Celis Quintana en mi calidad de Secretario de Investigación y Estudios de Posgrado de la Facultad de Estomatología de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Es mi deber informarle acerca de una actualización significativa relacionada con el Proyecto de investigación Colema que usted lleva:

Título original

"Formulación de un implante endodóntico a base de resina / cerámica / Niureta con base de patencia/ actividad de bioactividad"

Fue presentado en el comité consultivo con:

No.	Cargos	Nombre	Ci. Matrícula
1	Responsable del Proyecto de Investigación	DC. Alberto Vinicio Jerezana Domínguez	813324083
2	Director Disciplinario	DC. Miguel Ángel Castillo Sánchez	196026420
3	Director Metodológico	ME. Rodrigo Javier Castillo Gans	00048989
4	Auxiliar Docente	DC. Laura Alicia Flores Rojas Tecnóloga de Materiales	59
5	Estudiante de Maestría en Estomatología <u>Tesis en Proceso</u>	C. Tania Gálvez Sánchez	10000001

Dicho proyecto fue registrado en el Libro de registros de la BUAP, bajo el No. de asignación 2023/20, con fecha asentada el día martes 31 de octubre del año 2023, ante el Comité de Investigación de la Facultad de Estomatología (C.I.F.E.).

Se hace constar, que, el día lunes 27 de mayo del presente año, el C.I.F.E. se recibió su notificación de para oírlo, que el Título se ha rectificado ya que es un Producto Derivado del Proyecto de investigación y no una Modificación. Tras su revisión y aprobación:

El cual se ha modificado a:

"Versión de pH y tensión superficial de una formulación de implante endodóntico a base de Cerámica y Niureta"

Por lo anterior, el equipo de investigación y los roles asignados permanecen intactos. Es importante puntualizar que esta actualización para efectos legales y administrativos pertinentes.

Sin más por el momento y esperando una colaboración continua, le reitero mi disposición para cualquier consulta o aclaración.

Atentamente

"Pensar bien, para vivir mejor"

H. Puebla de Tlaxcala, a martes 28 de mayo del 2024

MEP. Gisel Hestley Rubin de Celis Quintana  
 Secretario de Investigación y Estudios de Posgrado  
 Facultad de Estomatología

C. ej. Buap  
 "sero hestleyan sero"



Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado  
 Facultad de Estomatología  
 31 poniente 1304, Col. Volcanes  
 Puebla, Pue.  
 C.P. 72410  
 Tel. Of. 22'22 29 55 00  
 Ext. 5528



Constancia No. FESEP/CIFE/269/2023

DC. Alberto Vinicio Jerezona Domínguez  
 Responsable del Proyecto de Investigación  
 Secretario de Investigación y Estudios de Posgrado  
 Facultad de Estomatología  
 Benemérita Universidad Autónoma de Puebla  
 PRESENTE

Por este medio para enviarle un cordial saludo, asimismo el que suscribe MD. Fátma Alfonso Díaz Velázquez en su calidad de Secretario de Investigación y Estudios de Posgrado de la Facultad de Estomatología de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla HAGO CONSTAR, que el Proyecto de Investigación Colectiva:

Nombre del Título Actual de Registro:

"Formulación de un instrumento epidemiológico a bases de población / carcinoma / Neoplasia con base en potencial orofaríngeo en Puebla, México"

Presentado por:

No.	Cargos	Nombre(s)	ID y/o Matrícula
1	Responsable del Proyecto de Investigación	DC. Alberto Vinicio Jerezona Domínguez	AD524966P
2	Director Metodológico	ME. Francisco Javier Castillo Cano	AD54454P
3	Director Disciplinario	DR. MS. El Ángel Castillo Sánchez	105529485
4	Asesor Externo	DC. Luis Alfonso Flores Rojas Tania Ballesteros	5/09
5	Coordinador de Maestría en Estomatología Tercer Nivel Postgrado	C. Tania García Sánchez	22143384

ha sido ACEPTADO y quedará registrado en esta Secretaría de Posgrado, en el libro de registros C.F.E. No. 06 en la hoja No. 01 y con registro No. 2023026.

Para los fines legales que los interesados convaliden, y sin otro particular, salvo a Usted en más amplia y debida consideración.

Atentamente

"Pensar bien, para vivir mejor"  
 H. Pueblo de Z., a martes 31 de octubre del 2023

MD. Fátma Alfonso Díaz Velázquez  
 Secretario de Investigación y Estudios de Posgrado  
 Facultad de Estomatología



Cop. Adjtas  
 TCO FARMACIAS

Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado  
 Facultad de Estomatología  
 31 poniente 1364, Col. Volcanes  
 Puebla, Pue.  
 C.P. 72410  
 Tel. Of. 22'22 29 55 00  
 Ext. 5526



**La Facultad de Odontología de la Universidad Veracruzana**  
**y el Consejo Nacional de Cuerpos Académicos en Odontología A.C.**

Universidad Veracruzana

**CONACAO**

Otorgan el presente

**RECONOCIMIENTO**

a *Tania García Sánchez, Alberto Vinicio Jerezano Domínguez, Ismael Juárez Díaz, Rosendo Carrasco Gutiérrez, Alejandro Gerardo Martínez Guerrero, Maribel López Badillo*

Por su participación en el

**XVI Encuentro Internacional de Cuerpos Académicos y Grupos de Investigación en Odontología.**

Con el trabajo titulado:

***Evaluación de pH y viscosidad de irrigantes a base de Quitosano/L-Arginina/N-Ureido Carbazol***

**En la categoría: Inv. Básica Nivel: Posgrado Modalidad: Cartel**

**LIBRO: 3 FOJA: 54 FOLIO: 5384**

Celebrado en la Ciudad de Boca del Río, Veracruz, los días 17, 18 y 19 de abril de 2024.

Valor curricular: 30 hrs.

  
**Dra. Laura Rosseth Ramos**  
 DIRECTORA  
 UNIVERSIDAD VERACRUZANA

  
**Dra. Guadalupe Rosalía Capetillo Hernández**  
 PRESIDENTA  
 CONACAO



**La Facultad de Odontología de la Universidad Veracruzana**  
**y el Consejo Nacional de Cuerpos Académicos en Odontología A.C.**



Universidad Veracruzana



**CONACAO**

Otorgan el presente

**RECONOCIMIENTO**

a **Tania García Sánchez, Alberto Vinicio Jerezano Domínguez, Ismael Juárez Díaz, Rosendo Carrasco Gutiérrez, Alejandro Gerardo Martínez Guerrero, Maribel López Badillo**

Por hacer obtenido **Tercer Lugar** en el

**XVI Encuentro Internacional de Cuerpos Académicos y Grupos de Investigación en Odontología.**

En la categoría: **Inv. Básica** Nivel: **Posgrado** Modalidad: **Cartel**

Con el trabajo titulado:

***Evaluación de pH y viscosidad de irrigantes a base de Quitosano / L- Arginina / N-Ureido Carbazol***

LIBRO: **3**

FOJA: **55**

FOLIO: **5493**

Celebrado en la Ciudad de Boca del Río, Veracruz, los días 17, 18 y 19 de abril de 2024.

  
**Dra. Laura Roesch Ramos**  
 DIRECTORA  
 UNIVERSIDAD VERACRUZANA

  
**Dra. Guadalupe Rosalía Capetillo Hernández**  
 PRESIDENTA  
 CONACAO

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todos aquellos que han contribuido para que este proyecto de investigación haya concluido.

En primer lugar, antes que, a nadie, quiero agradecerle a Dios por permitirme concluir este gran paso, cuidarme, proveerme ya que sin el nada sería posible.

Agradezco de manera especial a mi director de tesis, el Dr. Alberto Vinicio Jerezano Domínguez, por orientarme con su experiencia, por siempre mostrarme paciencia, amabilidad y apoyo constante durante este proceso. Su conocimiento y guía fueron indispensables para dar forma a este proyecto, y al comité general por sus aportaciones.

Al grupo de investigación de la máxima casa de estudios UNAM, y al grupo docente de la facultad de Química de esta misma universidad, gracias por la capacitación dada para el avance de este proyecto.

Agradezco infinitamente a mi familia, mis padres David García López y Estela Sánchez Martínez, quienes han sido el pilar principal de mi vida en cada una de las etapas, gracias por su inquebrantable apoyo, estímulo y comprensión a lo largo de este proceso académico, sin ustedes nada hubiese sido posible. A mis hermanos Marcos, Mayra, Marlene e Iliana, quienes son un apoyo incondicional e indispensable en cada proceso. A mi pareja, que siempre me muestra apoyo, consejo y ánimo, cuando siento que no tengo fuerzas y paciencia.

A mi coordinador y cada uno de mis maestros y formadores en la disciplina, gracias por compartirme de sus conocimientos y experiencias, estaré siempre agradecida por cada uno de ustedes.

A mis amigas de generación, Roxana y Carolina, gracias por su amistad y compañía durante este viaje lleno de aprendizaje, risas, llanto y crecimiento. Y a cada una de las personas que compartió conmigo dentro del área de formación disciplinaria.

Agradezco y reconozco el invaluable apoyo económico proporcionado por Conacyt por el financiamiento otorgado.

Gracias infinitas a cada uno de los anteriormente mencionados.

## Contenido

1	ÍNDICE DE IMÁGENES.....	12
2	ÍNDICE DE TABLAS.....	12
3	ABREVIATURAS.....	13
4	RESUMEN.....	14
5	INTRODUCCIÓN.....	16
6	ANTECEDENTES GENERALES.....	18
6.1	Hipoclorito de sodio (NaOCl).....	19
6.2	Citotoxicidad del NaOCl.....	20
6.3	Quitosano.....	21
6.4	L-Arginina.....	23
6.5	N.O derivados de benzoheterociclos con actividad biológica.....	23
6.6	Viscosidad.....	24
6.7	Tensión superficial.....	24
6.8	pH.....	25
7	ANTECEDENTES ESPECÍFICOS.....	26
8	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	32
9	PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	32
10	JUSTIFICACIÓN.....	33
11	HIPÓTESIS.....	34
	Hi:.....	34
	Ho:.....	34
12	OBJETIVO GENERAL.....	34
13	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	34
14	MATERIALES Y MÉTODOS.....	36
14.1	Diseño de estudio.....	36
14.2	Población y muestra.....	36
15	CRITERIOS DE SELECCIÓN.....	36
15.1	De la formulación.....	36
15.1.1	Inclusión.....	36
15.1.2	Exclusión.....	36
15.1.3	Eliminación.....	36
16	VARIABLES.....	37
17	CONCORDANCIA Y FIABILIDAD.....	40
17.1	Estandarización y capacitación del investigador.....	40
18	UBICACIÓN ESPACIO TEMPORAL.....	40
19	METODOLOGÍA.....	41
19.1	Preparación del hidrogel de Quitosano.....	41
19.2	Síntesis de irrigante de Quitosano/L- Arginina.....	42
19.3	Síntesis de irrigante de Quitosano- L-Arginina- N-Ureidocarbazol.....	42
19.4	Medición de pH.....	43
19.5	Prueba de tensión superficial con técnica de placa de Wilhemy.....	44

19.6	Técnica de medición de viscosidad .....	47
19.7	Técnica de medición de densidad por picnometría .....	49
19.8	Memoria de cálculo para viscosidad dinámica y relativa. ....	49
20	RESULTADOS .....	51
21	DISCUSIÓN.....	61
21.1	Viscosidad.....	62
21.2	Tensión superficial .....	64
21.3	pH .....	65
22	CONCLUSIÓN.....	68
23	ANÁLISIS DE DATOS .....	69
23.1	Recursos financieros .....	69
23.2	BIOÉTICA. ....	69
24	ANEXOS .....	70
24.1	Solicitud de capacitación para estandarización de tensión superficial..	70
24.2	Constancia de capacitación. ....	71
24.3	Tabla de promedios y desviación estándar de viscosidad, tensión superficial y pH. ....	72
24.4	Cálculo de medición de densidad por picnometría .....	75
24.5	Promedios generales y desviación estándar de grupos experimentales	77
24.6	Análisis descriptivo .....	78
24.7	Datos de la cinética de la tensión superficial de los irrigantes .....	82
24.8	Prueba piloto de técnica de ángulo de contacto .....	82
24.9	Síntesis de Carbazol.....	84
24.10	Espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier- Reflectancia total atenuada (FTIR-ATR) .....	84
25	BIBLIOGRAFÍA.....	86

## 1 ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 2 Parrilla de agitación y ajuste de la temperatura.....	41
Imagen 3 Pesado del polvo de Quitosano.....	41
Imagen 4 Incorporación de la lluvia de Quitosano.....	41
Imagen 5 Síntesis de hidrogel de N Ureidocarbazol. ....	42
Imagen 6 Calibración de potenciómetro y medición de pH de irrigantes (NaOCl, irrigantes a base de Quitosano). ....	43
Imagen 7 Técnica de placa de Wilhemy.....	44
Imagen 8 Montado de tensiómetro, agitación sónica de irrigante previa a la medición.....	45
Imagen 9 Flameado de la placa de platino iridio, y lectura del programa SPDC al acercar la celda a la solución. ....	46
Imagen 10 lavado y secado de celda. ....	46
Imagen 11 Montado y adaptación de temperatura.....	47
Imagen 12 Montado de viscosímetro en recirculador, disolución de hidrogel e inyección de irrigante en viscosímetro. ....	48
Imagen 14 Succión del fluido y toma del tiempo de caída de irrigante.....	48
Imagen 13 Tiempo de caída del NaOCl e irrigantes a base de Quitosano.....	48
Imagen 15 Peso del picnómetro vacío, llenado con solución y toma de peso con solución. ....	49
Imagen 16 Técnica de ángulo de contacto.....	83
Imagen 1 Síntesis del Carbazol.....	84
Imagen 17 FTIR N-Ureidocarbazol.....	85

## 2 ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Características del irrigante óptimo .....	18
Tabla 2 Designación de los grupos control positivo, control negativo y grupos experimentales. ....	36
Tabla 3 Variables independientes de estudio.....	38
Tabla 4 Variables dependientes de estudio. ....	39
Tabla 5 Composición de grupo control positivo, grupo control negativo y grupos experimentales. ....	51
Tabla 6 Promedios generales de viscosidad, tensión superficial y pH de NaOCl al 5.25 % e irrigantes a base de Quitosano. ....	52
Tabla 7 Prueba estadística ANOVA de viscosidad dinámica. ....	53
Tabla 8 Análisis comparativo, prueba post hoc Tukey. ....	54
Tabla 9 Prueba estadística ANOVA de viscosidad relativa .....	55
Tabla 10 Análisis comparativo, prueba post hoc Tukey. ....	55
Tabla 11 Prueba estadística ANOVA de Tensión superficial. Promedio de tensión superficial de NaOCl e irrigantes a base de Quitosano * Los datos de masa fueron promediados de la última media hora de medición a una temperatura de 20°C. ...	57
Tabla 12. Análisis comparativo, prueba post hoc Tukey. ....	58
Tabla 13 Prueba estadística ANOVA de pH. Promedio de pH de NaOCl e irrigantes a base de Quitosano. *Todas las medidas de pH fueron realizadas a una temperatura de 22 °C. (n=10).....	59
Tabla 14 Análisis comparativo, prueba post hoc Tukey. ....	60

### 3 ABREVIATURAS

- **NaOCl:** Hipoclorito de Sodio
- **HOCl:** Ácido hipocloroso
- **NaOH:** Hidróxido de sodio
- **CHX:** Clorhexidina
- **EDTA:** Acido etilendiaminotetracético
- **Q:** Quitosano
- **N-Urc:** N-Ureidocarbazol
- **Arg:** L-Arginina
- **AA:** Aminoácido básico
- **ON:** Óxido nítrico
- **UFC:** Unidad formadora de colonias
- **CPN:** Quitosano- Propóleo
- **Ca (OH)<sub>2</sub>:** Hidróxido de Calcio
- **MBC:** Determinación de la concentración mínima bactericida
- **BHI:** Infusión cerebro corazón
- **HPLC:** Cromatografía líquida de alta eficiencia
- **ACN:** Ácido acético
- **CH<sub>3</sub>CN:** Acetonitrilo
- **Re:** Reynolds
- **P:** Densidad
- **n:** Viscosidad dinámica
- **n-rel:** Viscosidad relativa
- **v:** Viscosidad cinemática
- **t:** Tiempo de caída de la sustancia
- **K:** Constante del viscosímetro

## 4 RESUMEN

**Introducción:** La viscosidad, tensión superficial y pH en un irrigante endodóntico son importantes para su efectividad. El hipoclorito de sodio (NaOCl) es el gold estándar de los irrigantes, aunque tiene estas propiedades antes mencionadas para su buena penetrabilidad y actividad antibacteriana, tiene la citotoxicidad como limitante. El Quitosano, la L-Arginina y derivados heterocíclicos, son materiales biocompatibles que pueden ser usados para aplicaciones dentales. **Objetivo:** Comparar la viscosidad, tensión superficial y pH de los irrigantes endodónticos a base de Quitosano/L-Arginina/N-Ureidocarbazol con NaOCl. **Materiales y métodos:** Se formularon grupos de estudio: NaOCl control (+), e irrigantes a base de Quitosano control (-) en combinación con L- Arginina y N-Ureidocarbazol como grupos experimentales. Se determinó la viscosidad de los irrigantes con un viscosímetro de Ubbelohde, el potencial de hidrógeno con un potenciómetro (ROCA-Modelo PHS-3CU) a temperatura ambiente, y la tensión superficial con técnica de placa de Wilhemy. **Resultados:** Los valores fueron los siguientes, viscosidad dinámica de G1 ( $0.013144822 \pm 0.0003$ ), G2( $0.00944391 \pm 0.0002$ ), G3 ( $0.009493502 \pm 0.002$ ), G4( $0.0094267 \pm 0.0002$ ), G5( $0.008587373 \pm 0.0002$ ), viscosidad polimérica relativa de G2( $0.769280945 \pm 0.036$ ), G3( $0.773626907 \pm 0.0317$ ), G4( $0.767209432 \pm 0.0177$ ), G5( $0.738370718 \pm 0.0206$ ), tensión superficial G1( $63.03 \pm 0.0040$ ), G2( $63.03 \pm 0.0040$ ), G3( $61.49 \pm 0.0020$ ), G4( $58.44 \pm 0.0007$ ), G5( $21.00 \pm 0.0029$ ) y pH G1( $12.538 \pm 0.023$ ), G2( $11.793 \pm 0.035$ ), G3( $11.883 \pm 0.148$ ), G4( $11.747 \pm 0.030$ ) y G5( $11.778 \pm 0.028$ ). Los irrigantes formulados a base de Quitosano/L-Arginina/N-ureidocarbazol son diferentes estadísticamente al irrigante de NaOCl (p valor  $>0.05$ ). **Conclusión:** Los irrigantes a base de Quitosano/L-Arginina/N-Ureidocarbazol aunque presentan valores de viscosidad, tensión superficial y pH diferentes al NaOCl, puede representar una potencial alternativa como irrigantes en la práctica endodóntica. **Palabras clave:** Quitosano, L-Arginina, N-Ureidocarbazol, viscosidad, tensión superficial, pH e irrigante.

## ABSTRACT

**Introduction:** The viscosity and surface tension of an irrigant for endodontic treatment are important for its effectiveness. Sodium hypochlorite (NaOCl) is the gold standard of irrigants, although it has these properties for its good penetrability and antibacterial activity, it has cytotoxicity as a limitation. Chitosan, L-Arginine and heterocyclic derivatives are biocompatible materials that can be used for dental applications. **Objective:** Compare the viscosity, pH and surface tension of endodontic irrigants based on Chitosan/L-Arginine/N-Ureidocarbazole with NaOCl. **Materials and methods:** Study groups were formulated: control NaOCl (+), and control Chitosan-based irrigants (-) in combination with L-Arginine and N-Ureidocarbazole as experimental groups. The viscosity of the irrigants is determined with an Ubbelohde viscometer, the hydrogen potential with a potentiometer (ROCA-Model PHS-3CU) at room temperature, and the surface tension with the Wilhemy plate technique. **Results:** The values were as following, Dynamic Viscosity of G1 (0.013144822 ± 0.0003), G2 (0.00944391 ± 0.0002), G3 (0.009493502 ± 0.002), G4 (0.0094267 ± 0.0002), G5 (0.008587373±0.0002), relative polymer viscosity of G2(0.769280945±0.036 ), G3(0.773626907±0.0317), G4(0.767209432±0.0177), G5(0.738370718±0.0206), surface tension G1(63.03± 0.0040), G2(63.03± 0.0040), G3(61.49± 0.0020), G4(58.44±0.0007), G5(21.00±0.0029) and pH G1(12.538 ±0.023), G2(11.793 ± 0.035), G3(11.883 ± 0.148), G4(11.747 ± 0.030) and G5(11.778 ± 0.028). The irrigants formulated based on Chitosan/L-Arginine/N-ureidocarbazole are statistically different from the NaOCl irrigant (p value >0.05). **Conclusion:** The irrigants based on Chitosan/L-Arginine/N-Ureidocarbazole although they present viscosity values, surface tension and pH different from NaOCl, may represent a potential alternative as irrigants in endodontic practice. **Keywords:** Chitosan, L-Arginine, N-Ureidocarbazole, viscosity, surface tension, pH and irrigant.

## 5 INTRODUCCIÓN

La conformación del espacio del conducto radicular, la desinfección, y la preservación de los tejidos perirradiculares, son los principales objetivos del tratamiento de endodoncia. Es importante eliminar el tejido vital y necrótico, los microorganismos y sus toxinas para evitar el desarrollo de lesiones primarias del espacio endodóntico, o prevenir una reinfección (1).

Un paso muy importante durante el tratamiento de endodoncia es la instrumentación, ya que, al crear un espacio en los conductos radiculares, facilitará el acceso al irrigante, el cual eliminará material orgánico e inorgánico, bacterias y sus toxinas, pero no en su totalidad ya que hay zonas de difícil acceso, o áreas vírgenes como anastomosis, istmos, aletas, conductos accesorios ó laterales, las cuales su desinfección dependerá de medios químicos (2).

A través del tiempo se han usado variedad de irrigantes siendo el hipoclorito de sodio (NaOCl) el gold estándar hasta hoy en día, teniendo como limitante la citotoxicidad. Aunque existen variedad de agentes químicos, no todos cumplen la función del irrigante ideal en su totalidad (1). El NaOCl es el irrigante más popular usado en el tratamiento endodóntico ya que tiene la capacidad de disolver tanto tejido orgánico como inorgánico (2). Varias condiciones son las que afectan que un irrigante endodóntico penetre y se propague profundamente en los túbulos dentinarios del conducto radicular para llegar a las áreas no instrumentadas. Hay varios parámetros importantes que influyen en el flujo del fluido, pero dos de los más importantes son la viscosidad y la tensión superficial. Estos parámetros influyen en gran medida en la capacidad de un irrigante para penetrar en la dentina y en su propiedad de extenderse sobre la superficie de la dentina. Al tener alta viscosidad y tensión superficial reduce la efectividad antibacteriana por la baja penetración de fluidos en la superficie radicular (3). La viscosidad es una propiedad que surge de la colisión entre partículas vecinas en un fluido que se mueven diferentes a velocidades.

El pH de un irrigante endodóntico juega un papel crítico en sus propiedades y aplicaciones potenciales. Un ejemplo de ellos es el NaOCl, tiene excelentes propiedades, una de ellas es su pH. La actividad antibacteriana y disolución del

NaOCl se basa fundamentalmente en su alto valor de pH, producido por la acción de los iones hidroxilo, que actúan sobre la membrana plasmática de la bacteria, alterando su integridad e inhibiendo la actividad enzimática y su metabolismo celular (4)(5). Se han probado diferentes materiales biocompatibles como el Quitosano, ya que es un biopolímero seguro y eficaz, utilizado para formulación de irrigantes capaz de eliminar la biopelícula de los conductos radiculares (6). El Quitosano, derivado de la desacetilación de la quitina, es un polisacárido catiónico de cadena larga. Puede prepararse a partir de subproductos de crustáceos mediante desacetilación química y métodos biológicos, como métodos enzimáticos y métodos de fermentación. Por lo tanto, su uso en el área médica en general ha resultado eficaz y biocompatible.

Herrera *et al.*, en el 2021 mencionan que se ha experimentado la mezcla de Quitosano con algunos aminoácidos para mejorar sus propiedades fisicoquímicas, mucoadhesión y solubilidad, en este caso la L-Arginina es un aminoácido que inhibe la coagregación bacteriana, participa en la señalización celular y altera el metabolismo bacteriano en una amplia gama de especies presentes en la cavidad bucal humana. No mata a la bacteria del biofilm, sino que parece desestabilizar el biofilm de una manera dependiente de la concentración (7,8).

Los ureidos son compuestos de origen orgánicos cíclicos o acíclicos. Se ha logrado sintetizar artificialmente para la elaboración de ciertos productos químicos, el cual se ha demostrado que puede participar formulaciones antimicrobianas aplicadas a la rama endodóntica.

Se continúa con la búsqueda de una formulación de un irrigante alternativo a NaOCl con propiedades biocompatibles, que cumpla también con las propiedades fisicoquímicas para su efectividad.

El propósito de este estudio es sintetizar irrigantes a base de Quitosano/L-Arginina/N-ureidocarbazol e investigar la viscosidad, tensión superficial y pH de los irrigantes a base de Quitosano.

## 6 ANTECEDENTES GENERALES

La complejidad anatómica de los conductos radiculares puede influir considerablemente en la desinfección de estos, ya que además de los conductos principales hay variedad de istmos, aletas, membranas o anastomosis, que no pueden ser tocadas durante la instrumentación mecánica. Se mencionan varios estudios que aproximadamente del 35 al 50 % del conducto principal no se tocan durante la instrumentación (9). En estos casos la desinfección química a través de agentes desinfectantes es la solución para eliminar agentes orgánicos e inorgánicos de estos sitios. Por lo tanto, la elección del irrigante eficaz es de suma importancia para la correcta desinfección de este sistema y se convierte en un complemento indispensable para disminuir la presencia de remanentes orgánicos e inorgánicos del conducto radicular.

Los irrigantes se pueden dividir en soluciones desinfectantes, quelantes, lubricantes y blanqueadores. Cada uno de ellos tienen componentes distintos y sus propiedades son variables al igual que su comportamiento.

Un irrigante ideal u óptimo debe tener todas o la mayoría de las características (Tabla 1) , aunque hoy en día no existe alguno que cumpla con estos requisitos al 100 % (2,10).

<b>Características del irrigante óptimo</b>	
Disuelve tejido orgánico e inorgánico	Germicida y fungicida
Efecto antimicrobiano y antibacteriano prolongado y sostenido	No tóxico, no antigénico, no cancerígeno
No tiene efectos sobre propiedades físicas de la dentina	Baja tensión superficial
No mancha estructura dental	Estable
Fácil de usar	Económico
Lubricante	No interfiere en reparación de tejidos

*Tabla 1 Características del irrigante óptimo*

Entre todas las sustancias que hoy en día se utilizan, el NaOCl parece ser el más ideal, ya que cubre con la mayoría de los requisitos durante el tratamiento de conductos radiculares. Los irrigantes endodónticos al entrar en contacto con los tejidos perirradiculares, no deben ser tóxicos para los tejidos periodontales y con nulo potencial para causar una reacción anafiláctica. El yodo es un irrigante menos citotóxico y menos irritante para los tejidos perirradiculares, pero conlleva un riesgo alto de causar una reacción alérgica en comparación con el NaOCl y la CHX. La sensibilidad al NaOCl y la CHX aunque es baja, existen casos informados sobre reacciones alérgicas cuando se usó como irrigante de conductos radiculares (11). Cada una de las soluciones irrigantes cuenta con propiedades distintas, las principales antibacterianas y quelantes, y deben usarse en orden diferente durante la fase de tratamiento endodóntico.

Ninguna solución de irrigante actualmente puede considerarse óptimo, pero debe contar con la mayoría de las siguientes características para considerarse óptimo e ideal (12). La elección del irrigante es de suma importancia, de acuerdo con las características antes mencionadas. Hoy en día el NaOCl parece ser el gold estándar, ya que es el que presenta más requisitos que cualquier otro compuesto.

### **6.1 Hipoclorito de sodio (NaOCl)**

El NaOCl fue la primera solución acuosa inventada en Francia por Berthollet. A finales del siglo VIII fue industrializada y utilizada como agente blanqueador. Mas delante el hipoclorito de sodio fue recomendado por Labarraque para la prevención de la fiebre puerperal y otras enfermedades infecciosas, posteriormente en el siglo XIX ganó aceptación como agente desinfectante. El uso del NaOCl al 0.5 % como desinfectante data desde la primera guerra mundial, cuando fue empleada para la irrigación de heridas infectadas por el químico Henry Drysdale Dakin y el cirujano Alexis Carrel, ya que Dakin había realizado minuciosos estudios sobre la aplicación de diferentes irrigantes y su eficacia en tejidos necróticos e infectados (10)(13). El NaOCl muestra mucha mayor eficacia en la disolución de tejido necrótico que en tejido vital, además de su de amplio espectro, combatiendo bacterias, virus, hongos y diversidad de microorganismo (11).

Gracias a este descubrimiento por Dakin, la solución de NaOCl fue empleada como irrigante principal e ideal para la endodoncia en 1920. El uso del NaOCl se intensificó antes que surgieran los antibióticos ya que no existían muchas posibilidades de combatir los microorganismos. Pero hoy en día, aún persiste su uso a pesar del gran avance de la medicina antibiótica.

Este irrigante es una sal formada por ácido hipocloroso (HOCl) e hidróxido de sodio (NaOH), usado como primera elección en los tratamientos de conductos radiculares, por sus propiedades antimicrobiana, antimicótica y antiviral, incluyendo el virus de la inmunodeficiencia humana y posee una acción residual que se puede extender hasta 72 horas. Comparado con la CHX en gel, tiene mejores propiedades antimicrobianas, disolución de tejidos y remoción de detritos en la porción más apical del conducto radicular (13). El hipoclorito de sodio es usado en diversas concentraciones que varían entre 2.6 - 5.25 %; a mayor concentración es mayor su capacidad de disolver tejidos. A su vez, está demostrado que a una concentración mayor de 0.5% tiene capacidad citotóxica. El mecanismo de acción del NaOCl se debe a su contacto con materia orgánica formando ácido hipocloroso, este ácido actúa como solvente liberando cloro conduciendo a la degradación y hemólisis de aminoácidos. La unión del cloro con estos aminoácidos interfiere en el metabolismo celular presentando acción antimicrobiana al inhibir las enzimas esenciales. (10).

## **6.2 Citotoxicidad del NaOCl**

Existen reportes diversos de reacciones adversas, aunque muchas de ellas son originadas por complicaciones debido a la falta de precaución durante su manejo. El NaOCl al entrar en contacto con los tejidos tiene un alto poder de citotoxicidad, provocando una inflamación aguda que finalmente resulta en necrosis (excepto en epitelios altamente queratinizados), reacciones anafilácticas de leves a severas, quemaduras y lesiones neurológicas (13). El efecto final a altas concentraciones (5.25%) es la hemólisis de los tejidos orgánicos debido a su pH entre 11 y 12.5, lo cual causa efectos oxidativos a nivel de las proteínas, hidrólisis y un efecto osmóticamente activo. A nivel vascular aumenta la permeabilidad de los vasos probablemente debido al daño en sus paredes o por la liberación de mediadores químicos como la histamina. Estos efectos producen edema y usualmente un

sangrado profuso a través del conducto radicular, cuando el NaOCl no es usado adecuadamente por el clínico o al presentarse accidentes endodónticos. Otras complicaciones encontradas son daños al ligamento periodontal a bajas concentraciones, pero la mayoría de los accidentes reportados han ocurrido a altas concentraciones, entre 3 y 5.25%. (13) Los puntos críticos del NaOCl son su olor, su toxicidad y la imposibilidad de remover los componentes inorgánicos depositados sobre regiones anatómicas, como istmos y anastomosis, ya que estos son lugares de difícil acceso para ser limpiados mecánicamente y químicamente.

También, el uso de NaOCl puede causar daños a las propiedades mecánicas de la dentina a través de la degradación de los componentes orgánicos de la misma, ya que estudios revelan que las soluciones concentradas de NaOCl causan efectos adversos en la biomecánica de la dentina, puesto que una exposición de 2 horas con NaOCl a una concentración de 3% disminuye significativamente la elasticidad y la resistencia a la flexión en comparación con solución salina(14) (10).

Debido a la toxicidad del NaOCl como irrigante de conductos radiculares se han estudiado otros sistemas irrigantes como soluciones de CHX, EDTA, Ácido cítrico, Yodo, Ácido maleico, Té verde, y algunos en combinación como QMIX y MTAD Biopure y Quitosano combinado con otros biomateriales para la sinergia de estos y potencializar su efecto.

Algunos estudios han probado el Quitosano como alternativa de irrigante y también como andamio para llevar otros principios activos como el Propóleo. Se ha experimentado que al combinar Quitosano con aminoácidos como L-Arginina mejoran su biocompatibilidad, sus propiedades fisicoquímicas, mucoadhesión y solubilidad, lo cual es de gran aporte para desarrollar productos seguros (8).

### **6.3 Quitosano**

El quitosano es un derivado de la quitina, segundo biopolímero hidrofílico natural más importante, y ha sido estudiado en los campos de biomedicina, industrias alimentarias, agricultura y ciencias medioambientales. Tiene amplia actividad antimicrobiana juntamente con propiedades biocompatibles y biodegradables. (15) Se ha utilizado para numerosas modificaciones químicas por la gran cantidad de aminos libres y grupos hidroxilos. Otra característica importante de este

componente es su similitud con los componentes de la matriz extracelular, por lo tanto, los polímeros naturales como Quitosano brindan biocompatibilidad cuando se aplican.

De acuerdo con las investigaciones recientes los andamios de Quitosano son usados en el área de la salud para dar soporte estructural a los tejidos, guiar el crecimiento celular, controlar colonias bacterianas y promover procesos metabólicos. Son propicios para ser usados en tejidos y dependiendo de grado de desacetilación y peso molecular son útiles en diferentes objetivos biológicos mejorando las propiedades. El Quitosano en unión con algunos aminoácidos mejora las propiedades fisicoquímicas, mucoadhesión y solubilidad desarrollando buenos productos, seguros y eficaces (8).

Se hace mención de los hidrogeles y se describen como una red de cadenas que forman un polímero hidrofílico con la capacidad de absorber agua con estabilidad en presencia de saliva. Por lo tanto, los hidrogeles a base de quitosano se usan como agentes liberadores de fármacos en ciertas áreas de la medicina, actuando en la liberación de elementos terapéuticos en sitios específicos. En endodoncia estos andamios han promovido efectividad en algunos procedimientos como regeneración pulpar e injertos óseos e irrigantes endodónticos (8,15).

El Quitosano además de ser un componente biodegradable, bioactivo y bioadhesivo sin citotoxicidad según estudios reportados, tiene un efecto quelante en condiciones ácidas. En un estudio reportado por Silva *et al.* en el 2013 ha eliminado eficazmente el barrillo dentinario de los conductos radiculares después de la instrumentación (16,17). El quitosano ha sido de gran interés debido a su baja toxicidad y a sus propiedades bioadhesivas. Su carga positiva permite la formación de complejos con moléculas de carga opuesta, interactuando fácilmente con compuestos de carga negativa. Dichos complejos se pueden usar como sistemas de administración para incorporar una serie de compuestos bioactivos para reducir las bacterias del biofilm (18). Este biomaterial es versátil lo que ha permitido su incorporación en una amplia variedad de componentes mejorando sus propiedades biológicas, mecánicas y físicas, obteniendo así nanocompuestos cada vez más útiles y eficaces para uso nanomedicina (19).

## 6.4 L-Arginina

La L-arginina (Arg) es un aminoácido básico (AA) en los fluidos fisiológicos. Su contenido es relativamente alto en mariscos, jugo de sandía, nueces, semillas, algas, carnes, concentrado de proteína de arroz y aislado de proteína de soya, pero baja en la leche de la mayoría de los mamíferos (20).

El aminoácido L-arginina inhibe la coagregación bacteriana, participa en la señalización celular y altera el metabolismo bacteriano en una amplia gama de especies presentes en la cavidad bucal humana. No mata a la bacteria del biofilm, sino que parece desestabilizar el biofilm de una manera dependiente de la concentración. Los cambios que se han observado han sido sobre la arquitectura y el biovolumen, así como las proporciones relativas de cada especie contenida. Se han comercializadas formulaciones con contenido de L-Arginina para su uso en enjuagues bucales y pastas orales para el tratamiento de hipersensibilidad dental, por lo cual se llegó a la conclusión que concentraciones residuales de L-Arginina que permanecen en boca luego de la exposición inicial darán como resultado la desestabilización del biofilm oral a largo plazo (7).

La L- Arginina es un precursor metabólico del Óxido nítrico (ON), siendo este un mensajero que participa en procesos fisiológicos y fisiopatológicos. ON genera especies reactivas de oxígeno y nitrógeno, que presentan propiedades tóxicas contra las bacterias (7,21–23).

## 6.5 N.O derivados de benzoheterociclos con actividad biológica

Hoy en día se realiza la búsqueda de nuevos fármacos antimicrobianos contra cepas resistentes a los antibióticos. Existen nuevos derivados de O-aril-carbamoil-oximino-fluoreno que han reportado actividad inhibitoria contra bacterias Gram + (*Bacillus Anthracis*, *S. aureus*, incluidas las cepas resistentes a la meticilina) y Gram – (*Escherichia coli*, *Proteus mirabilis*, *K. pneumoniae*, *P. aeruginosa*, *Burkholderiathailandensis*), levaduras y hongos. La actividad antioxidante de estos compuestos ha sido evaluada ya que podrían disminuir la respuesta inflamatoria que puede ir acompañada de un proceso infeccioso, y así disminuir los efectos

nocivos del huésped. Algunos de estos compuestos también se han evaluado su citotoxicidad contra línea de células cancerígenas (24).

Derivados carbamoil y tiocarbamoil de pirazoles también ha sido evaluados para tratamiento contra carcinoma de colon humano y cáncer de mama, así como actividades antimicrobianas y citotóxicas (25).

## **6.6 Viscosidad**

Varias condiciones son las que afectan que un irrigante endodóntico penetre y se propague profundamente en los túbulos dentinarios del conducto radicular para llegar a las áreas no instrumentadas. Hay varios parámetros importantes que influyen en el flujo del fluido, pero dos de los más importantes son la viscosidad y la tensión superficial. Estos parámetros influyen en gran medida en la capacidad de un irrigante para penetrar en la dentina y en su propiedad de extenderse sobre la superficie de la dentina. Al tener alta viscosidad y tensión superficial reduce la efectividad antibacteriana por la baja penetración del fluidos en la superficie radicular(3). La viscosidad es una propiedad que surge de la colisión entre partículas vecinas en un fluido que se mueven diferentes velocidades. Ambos parámetros están íntimamente relacionados ya que cuando el fluido se fuerza a través de un tubo, las partículas que componen el fluido generalmente se mueven más rápido cerca del eje del tubo y más lentamente cerca de sus paredes; por lo tanto, se necesita cierta tensión (como una diferencia de presión entre los dos extremos del tubo) para superar la fricción entre las capas de partículas y mantener el fluido en movimiento. Para el mismo patrón de velocidad, la tensión requerida es proporcional a la viscosidad del fluido (3). Cuando una solución fluye con facilidad tiene una viscosidad baja (26).

## **6.7 Tensión superficial**

Una característica ideal en un irrigante endodóntico es que debe poder penetrar los túbulos dentinarios, por lo tanto, es indispensable que un irrigante tenga una tensión superficial baja. El potencial antibacteriano es uno de los aspectos más importantes en un irrigante, pero debemos tomar en cuenta que la capacidad de difusión y la eficiencia de éste puede mejorar reduciendo la tensión superficial. La tensión

superficial se define como la fuerza entre moléculas que produce una tendencia a disminuir el área superficial de un líquido. Esta característica puede aumentar la capacidad de penetración del irrigante y su flujo hacia áreas de difícil acceso (27). Se recomienda combinar las soluciones irrigantes con detergentes para reducir su tensión superficial y mejorar la eficacia antibacteriana (5).

## **6.8 pH**

El pH de un irrigante endodóntico juega un papel crítico en sus propiedades y aplicaciones potenciales. Un ejemplo de ellos es el NaOCl, tiene excelentes propiedades, una de ellas es su pH. La actividad antibacteriana del NaOCl se basa fundamentalmente en su alto valor de pH, producido por la acción de los iones hidroxilo, que actúan sobre la membrana plasmática de la bacteria, alterando su integridad e inhibiendo la actividad enzimática y su metabolismo celular (5). Muchos fabricantes aumentan el pH del NaOCl para prolongar la vida útil y preservar las propiedades antibacterianas del irrigante. Sin embargo, aumentar la alcalinidad del NaOCl aumenta la posibilidad de dañar el tejido vital. Algunos estudios han observado beneficios al neutralizar el NaOCl para mejorar las propiedades antibacterianas y reducir la toxicidad; sin embargo, la vida útil se reduce considerablemente (28).

## 7 ANTECEDENTES ESPECÍFICOS

**Xin Zheng** *et al.*, en el 2016 examinaron si La L-arginina modifica la matriz de exopolisacáridos e impide el crecimiento de *Streptococcus mutans* dentro de biopelículas orales de especies mixtas, los cuales determinaron que la L-Arginina afecta el proceso de ensamblaje de la matriz del biofilm y la competencia dinámica entre especies, un patógeno oral cariogénico y un organismo comensal productor de álcali, lo que demuestra la potencia de acción múltiple de este disruptor de biofilm (29).

**Pankaj Yadav** en el 2017 evaluó el efecto citotóxico y la eficacia antibacteriana del Quitosano cuando se usa como irrigante del conducto radicular contra biopelícula de *E. Faecalis* y *Candida albicans* formada en el sustrato del diente y concluyó que el uso del Quitosano como irrigante del conducto radicular podría ser una alternativa considerando las propiedades indeseables del NaOCl y la CHX.

El método de experimentación fue el siguiente: La preparación de solución de Quitosano al 0.25% y al 0.5 % se diluyeron 0.25 g y 0.5 g de Quitosano en 100 mL de ácido acético al 1 % y fue agitada la mezcla durante 2 horas en un agitador magnético hasta obtener soluciones homogéneas cristalinas con un pH de 3.2.

Fueron utilizados métodos de difusión en pozos de agar, pruebas de concentración inhibitoria y ensayos de susceptibilidad de biopelículas para determinar actividad antimicrobiana. Posteriormente fueron seccionadas muestras de dientes para obtener una longitud estandarizada de 12 mm. Los especímenes fueron inoculados con 10 mL del preparado fresco de suspensión de *E. Faecalis* y *Candida Albicans* por 4 semanas. Posteriormente las muestras se instrumentaron con sistema rotatorio Protaper F3. Después se hizo la irrigación con la solución de prueba, se colocaron 3 puntas de papel en un conducto, se dejaron durante 60 segundos y se trasladaron a un tubo de ensayo con 1 ml de líquido de transporte reducido. En base a esto se determinó UFC en 1 ml.

Finalmente se determinó una inhibición completa de crecimiento bacteriano con NaOCl al 3 %, clorhexidina al 2 % y Quitosano, excepto solución salina (15).

**Natasha Jaiswal et al.**, en el 2017 analizaron la eficacia de varios irrigantes que fueran efectivos y al mismo tiempo menos irritantes que el NaOCl para los tejidos radiculares. El estudio concluyó que Quitosano+ CHX, CHX y Propóleo resultaron ser tan eficaces que el NaOCl, y por lo tanto podría resultar ventajoso considerar irrigantes de origen natural para uso endodóntico, tomando en cuenta varias propiedades desfavorables del NaOCl.

El método de experimentación fue el siguiente, se inoculó un cultivo puro de *E. faecalis* en placas de Agar Mueller-Hinton y se incubaron a 37°C durante la noche y se ajustó en un densitómetro óptico con caldo de infusión de cerebro y corazón estéril. Estos fueron los grupos que se usaron para el experimento: hipoclorito de sodio al 5%, clorhexidina al 2%, ácido acético al 1%, Propóleo, Quitosano al 0.2%, Quitosano al 0.2%+ CHX al 2%, Quitosano al 1%+CHX al 1% y Quitosano al 2% + CHX al 2% y Solución salina fue tomado como grupo control. El propóleo se preparó diluyendo un extracto alcohólico con solución salina tibia, la solución de Quitosano al 0.2 % se hizo diluyendo 0.2 g de Quitosano en 100 ml de ácido acético al 1 %, la solución de Quitosano al 1%, se diluyó 1 g de Quitosano en 100 ml de ácido acético al 1%, la solución de Quitosano al 2% se hizo diluyendo 2 g de Quitosano en 100 ml de ácido acético al 1%. La solución de CHX se preparó en 3 concentraciones, 0.2 %, 1.0% y 2.0% a partir de CHX al 100 %. El NaOCl se usó a una concentración al 5%.

Para este estudio se utilizaron 90 premolares inferiores de clasificación de Vertucci tipo I con ápices formados que se seccionaron por debajo de la unión amelocementaria para obtener una longitud estandarizada de 8 mm. Se instrumentaron con sistema rotatorio Protaper y se utilizaron ml de hipoclorito de sodio entre cada instrumento. Después los dientes fueron seccionados verticalmente a lo largo del plano sagital, lo cual después de seccionar, la superficie del conducto radicular fue aplanada para colocar cultivo de tejido que expusiera la superficie del conducto a *E. faecalis* para formar una biopelícula.

Se formaron 9 grupos con 20 muestras cada uno y se irrigaron con 3 ml durante 10 minutos con los siguientes irrigantes: NaOCl al 5 %, CHX al 2%, Ácido acético al 1%, Propóleo, Quitosano al 0.2%, Quitosano al 0.2% + 2 % de CHX, Quitosano al

1%+CHX al 1%(n=20), Quitosano al 2% CHX al 2% y solución salina como control negativo.

A continuación, se inoculó la bacteria en 1ml de caldo de agar triptona de soja en 180 pocillos de cultivo tisular, después los dientes seccionados se colocaron luego en los pocillos de cultivo de tejido y se inocularon a 37°C durante 6 semanas. Después de esas semanas los especímenes se colocaron en placas Petri estériles y se les administró la solución de irrigación de prueba utilizando una micropipeta. A continuación, la biopelícula formada en la superficie del conducto radicular se tomó con un bisturí, se inoculó en placas de agar triptona de soja y se incubó durante 24 horas a 37 °C. A continuación, las placas se analizaron en busca de unidades formadoras de colonias mediante un contador de colonias digital (16).

**Abhishek Parolia et al.**, en el 2020 determinaron el efecto antibacteriano de la nanopartícula de Quitosano-Propóleo (CPN) como medicamento intraconducto contra biopelícula de *E. faecalis* en el conducto radicular. El estudio se realizó en la escuela de odontología de la Universidad Médica Internacional de Kuala Lumpur, Malasia. El objetivo del estudio fue determinar el efecto antibacteriano de las nanopartículas de quitosano-propóleo como medicamento intraconducto contra biofilm de *E. faecalis* en el conducto radicular. Los resultados de estudio mostraron que las nanopartículas de Quitosano-Propóleo tienen un efecto antibacteriano significativo contra *E. faecalis*. Éste estudio se realizó en 40 dientes humanos extraídos y se dividieron en 4 grupos. El primer grupo fue el grupo control, el segundo grupo fue tratado con hidróxido de calcio, el tercer grupo fue tratado con nanopartículas de Quitosano-Propóleo y el cuarto grupo fue tratado con una combinación de Ca (OH)<sub>2</sub> y nanopartículas de Quitosano-Propóleo. Los resultados mostraron que el grupo tratado con nanopartículas de Quitosano-Propóleo tuvo la mayor reducción en la viabilidad de *E. faecalis*. Los autores concluyen que las nanopartículas de Quitosano-Propóleo tienen un efecto antibacteriano significativo contra *E. faecalis* en el conducto radicular y que pueden ser una alternativa efectiva a los medicamentos intraconductos convencionales (18).

**Apimon Supotngarmkul et al.**, en el 2020 investigaron la eficacia antibacteriana del Quitosano o contra cepa estándar de *E. faecalis*, determinando *que* el Quitosano podría desarrollarse como un irrigante/medicamento antimicrobiano biocompatible alternativo para tratamientos de endodoncia. Para la investigación se probó Quitosano como agente antibacteriano y su actividad contra cepa estándar de *E. faecalis* y aislados clínicos. El proceso de experimentación se realizó preparando soluciones madre de 6 tipos de Quitosano, disolviendo el polvo de Quitosano en ácido acético al 1 % hasta lograr la solubilidad más alta en cada tipo de Quitosano. Después las soluciones se esterilizaron en autoclave y se usaron en el mismo día. Se cultivaron cuatro aislamientos clínicos de dientes tratados con endodoncia y se identificaron mediante ensayos bioquímicos y reacciones en cadena de la polimerasa. Los cultivos bacterianos se expusieron a Quitosano de 1700 y 2100 kDa en MBC durante 1, 3, 5, 10 y 60 min en ensayos de muerte por tiempo y se sembraron en agar de infusión de cerebro y corazón (BHI) para el recuento de colonias. Ambos tipos de Quitosano mostraron cantidades significativamente más bajas de bacterias restantes que los controles negativos (0.1 % de ácido acético y BHI) a los 10 min y eliminaron por completo la bacteria a los 60 min para todas las cepas.

Por lo tanto, el Quitosano podría desarrollarse como un irrigante/medicamento antimicrobiano biocompatible alternativo para tratamientos de endodoncia. (30)

**Santiago Herrera Guardiola y Mayra Eliana Valencia** en el 2021 realizaron una revisión de literatura para estudiar cómo han influido los avances de los andamios de Quitosano en el área de bioingeniería y salud, su relación con aminoácidos, su elaboración y sus beneficios en los tratamientos en odontología. La búsqueda se realizó en las siguientes plataformas, Scopus y Web of Science con un total de 23 artículos originales de estudios *in vitro*, de modelo animal, cohortes y ensayos clínicos aleatorizados.

Se determinó que los andamios de Quitosano son propicios para ser usados en tejidos, y dependiendo de su grado de desacetilación y peso molecular pueden ser útiles para diferentes objetivos biológicos.

Al Quitosano en soluciones acuosas de ácido acético o ácido poliláctico, se le pueden añadir excipientes que mejoren sus propiedades biológicas como son aminoácidos, por ejemplo la L-arginina, siendo ésta una molécula que genera dos efectos; el primero bioquímico, da estabilidad en la estructura del andamio que produce una mayor capacidad de unión y polimerización entre los elementos del andamio; y un efecto biológico otorgándole a los fibroblastos una mayor capacidad de biocompatibilidad y modulador de las interacciones entre las células objetivo y el andamio. Otro punto importante es el efecto bactericida de los andamios de Quitosano, ya que tienen la capacidad de controlar de manera eficiente colonias bacterianas sin necesidad de usar antibióticos (8).

**Khalid A. Khan y Hassan M. Faidallah** en el 2016 realizaron estudios en el departamento de química y facultad de ciencias de Arabia Saudita. Probaron la actividad antimicrobiana y citotóxica de Carbamoil y tiocarbamoil-4,5-dihidro-1H-pirazoles contra dos tipos de bacterias: *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923) como Gram positivo y *Escherichia coli* (ATCC 25922) como bacterias Gram negativas. Se prepararon dos series de derivados de carbamoilo y tiocarbomoilo sustituidos en uno, bien tratando el pirazol correspondiente con el isocianato y el isotiocianato apropiados respectivamente, o bien condensando la dicetona apropiada con la semicarbazida o tiosemicarbazida sustituida apropiada. Las estructuras de los compuestos preparados se determinaron completamente mediante métodos analíticos y espectrales. El examen biológico preliminar de los compuestos preparados reveló actividades antibacterianas y citotóxicas significativas para algunos compuestos. Compuestos 4a2 y 4a3 resultaron ser los más activos contra el carcinoma de colon humano HT29 (11.8 y 7.5 ug/ml, respectivamente) y cáncer de mama humano MCF 7 (3.4 y 2.6 ug/mL, respectivamente) líneas celulares (25).

**Mohammed Rashed** en el año 2022 en el Departamento de Odontología Conservadora, Facultad de Odontología en Duhok, Irak. Se realizó un estudio *in vitro* de una nueva formulación a base de Bromelain un extracto crudo de la piña, que contiene varias proteinasas estrechamente relacionadas. Se describe la preparación de un nuevo irrigante endodóntico, que combina la enzima bromelina,

CHX y EDTA (BCE). El irrigante se preparó agregando polvo de bromelina a una mezcla igual de EDTA, y CHX. Se probaron tres concentraciones diferentes de bromelina para determinar la mezcla ideal. Una vez que se completó la reacción se agregó EDTA al irrigante, y se agitó hasta que todo el precipitado se disolvió. Después de que el irrigante se estableció durante 24 horas de almacenamiento, se agregó bicarbonato de sodio. El irrigante se almacenó en un recipiente de vidrio oscuro a 5°C hasta su uso. El pH inicial y la tensión superficial de los irrigantes se compararon con la estabilidad determinada. Finalmente, se determinó que el irrigante BCE es eficaz en la preparación de superficies dentinarias para el tratamiento de conductos sin efectos adversos y con una longevidad prometedora (28).

**Ilinca Margareta Vlad** en el año 2023 realizó estudios en el departamento de Química Farmacéutica, facultad de Farmacia, Universidad de Medicina y Farmacia “Carol Dávila”. Evaluó nuevos derivados de O-aril-carbamoil-oximino-fluoreno para su uso potencial contra enfermedades infecciosas y se evaluó en efecto antimicrobiano mediante ensayos cualitativos. La actividad antióxidante fue evaluada mediante el estudio de la capacidad de DDPH Y ABTS + radicales. La toxicidad se evaluó en 3 líneas celulares *in vivo* en el crustáceo *Artemia franciscana*. Como resultado los 4 compuestos derivados de m 9H-fluoren-9-one oxime tiene características antimicrobianas prometedoras y actividad antibiofilm significativa. Se descubrió que el compuesto más activo contra células planctónicas fue 9-((3,4-dicloro-fenil) carbamoiloximino) fluoreno contra *S. aureus*. El biofilm formado por *E faecalis* también fue probado en este estudio y mostró mayor susceptibilidad a: 9-((3-cloro-fenil) carbamoiloximino) fluoreno. Se demostró que los derivados de O-aril-carbamoil-oximino-fluoreno inhibieron el crecimiento de las cepas microbianas probadas, tanto en estado planctónico como adherente (24).

## **8 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El NaOCl hoy en día es el gold estándar de los irrigantes endodónticos, ya que cuenta con la mayoría de las características del irrigante ideal, con la toxicidad como limitante. Su efectividad durante el proceso de conductos es óptima, ya que su efecto físico químico favorece la desinfección y buena penetrabilidad hacia el sistema de conductos radiculares. La tensión superficial y la viscosidad son propiedades de los sistemas irrigantes que permiten predecir el comportamiento de estos fluidos dentro de los sistemas de conductos radiculares, logrando una buena penetrabilidad al sistema de conductos. Sumando a estas propiedades, un pH alcalino, puede potencializar la efectividad de un irrigante en la desinfección de conductos radiculares. La biocompatibilidad de los materiales aplicados en la salud es importante, por lo tanto, se ha creado una formulación a base de Quitosano, considerado un material seguro, L-Arginina y N-ureidocarbazol con propiedades antibacterianas, para formulación de irrigante endodóntico. Se espera obtener valores de pH, tensión superficial y de viscosidad con esta formulación similares al NaOCl. Los estudios realizados a base de quitosano como agregado a una formulación endodóntica son escasos en la literatura. La evaluación de viscosidad, tensión superficial y pH tampoco se han evaluado en los diferentes irrigantes y comparado contra los valores de NaOCl. Se espera encontrar los resultados deseados a través de este trabajo de investigación.

## **9 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

¿Existe diferencia en los valores de viscosidad, tensión superficial y pH de un irrigante endodóntico a base de quitosano/L-Arginina /N-Ureidocarbazol comparados con el NaOCl al 5.25 %?

## 10 JUSTIFICACIÓN

La toxicidad del NaOCl ha sido un inconveniente en el uso confiable durante el tratamiento de endodoncia; ya que su efectividad depende varios factores, la concentración (0.5 % al 5.25 %), el tiempo de contacto y el volumen, siendo la concentración el principal factor para su efectividad. El uso del hipoclorito de sodio a una mayor concentración potencializa la eficacia de este irrigante, pero se corren riesgos altos cuando se extruye hacia los tejidos periapicales, ocasionando repercusiones graves en el paciente en caso de que esto suceda, siendo esta característica una desventaja en contra de sus propiedades desinfectantes. La formulación diseñada en este estudio de investigación propone mejorar estas variables, presentando una alternativa eficaz para la desinfección y disolución de tejidos orgánicos, usando materiales biocompatibles, nobles para los tejidos extrarradiculares y menos dañinos para las estructuras del conducto radicular, caracterizándolo con ciertas propiedades físico químicas de viscosidad, tensión superficial y pH.

Se espera obtener las propiedades físico químicas deseadas para darle al irrigante la efectividad deseada de penetrabilidad y actividad antibacteriana. Cabe mencionar que este estudio, es la primera fase de una serie de investigaciones necesarias para comprobar la eficacia de la formulación propuesta.

## 11 HIPÓTESIS

**Hi:** Los valores de pH, viscosidad y tensión superficial de los irrigantes a base de Quitosano, Quitosano-L-Arginina y Quitosano-N-Ureidocarbazol son diferentes al NaOCl 5.25 %.

**Ho:** Los valores de pH, viscosidad y tensión superficial de los irrigantes a base de Quitosano, Quitosano-L-Arginina y Quitosano-N-Ureidocarbazol no son diferentes al NaOCl 5.25 %.

## 12 OBJETIVO GENERAL

Comparar los valores de pH, viscosidad y tensión de un irrigante a base de Quitosano/L-Arginina/N-Ureidocarbazol contra NaOCl 5.25 %.

## 13 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Formulación del hidrogel de Quitosano.
2. Formulación del irrigante base Quitosano/L-Arginina y N-Ureidocarbazol.
3. Caracterizar las propiedades de pH, viscosidad, y tensión superficial del irrigante base Quitosano/L-Arginina-N-Ureidocarbazol.
4. Medir la viscosidad dinámica del NaOCl, de los irrigantes a base de Quitosano, Quitosano/L-arginina, Quitosano/N-Ureidocarbazol, y Quitosano/L-Arginina/ N-Ureidocarbazol, por medio del viscosímetro de Ubbelohde, realizando una medición de la densidad con un picnómetro.
5. Medir la viscosidad relativa del irrigante a base de Quitosano, Quitosano/L-Arginina, Quitosano/N-Ureidocarbazol, y Quitosano/ L-Arginina/ N-Ureidocarbazol, por medio del viscosímetro de Ubbelohde.
6. Medir la tensión superficial NaOCl y los irrigantes a base de, Quitosano/L-Arginina y N-Ureidocarbazol con un tensiómetro por medio de la técnica de la placa de Wilhemy.

7. Medir el pH con un potenciómetro del NaOCl, de los irrigantes a base de Quitosano, Quitosano/L-Arginina, Quitosano/N-Ureidocarbazol, y Quitosano/L-Arginina/ N-Ureidocarbazol.
8. Comparar los valores viscosidad dinámica de los irrigantes a base de Quitosano, Quitosano/L-Arginina, Quitosano/N-Ureidocarbazol, y Quitosano/L-Arginina/ N-Ureidocarbazol con la viscosidad del NaOCl.
9. Comparar los valores viscosidad relativa de los irrigantes a base de Quitosano, Quitosano/L-Arginina, Quitosano/N-Ureidocarbazol, y Quitosano/L-Arginina/ N-Ureidocarbazol.
10. Comparar los valores de tensión superficial de los irrigantes a base de Quitosano, Quitosano/L-Arginina, Quitosano/N-Ureidocarbazol, y Quitosano/L-Arginina/ N-Ureidocarbazol con los valores de tensión superficial del NaOCl.
11. Comparar los valores de pH de los irrigantes a base de Quitosano, Quitosano/L-Arginina, Quitosano/N-Ureidocarbazol, y Quitosano/L-Arginina/ N-Ureidocarbazol con los valores de pH del NaOCl.

## 14 MATERIALES Y MÉTODOS

### 14.1 Diseño de estudio

Se trata de un estudio experimental, *in vitro*, transversal.

### 14.2 Población y muestra

**Población:** Soluciones irrigantes de Quitosano, L-Arginina y N-Ureidocarbazol.

**Muestra:** Un grupo control positivo (n=10) de NaOCl y un grupo control negativo de irrigante Quitosano(n=10), 3 grupos experimentales de: Quitosano/L-Arginina (n=10) Quitosano/ N-Ureidocarbazol y Quitosano/L-Arginina/ N-Ureidocarbazol (n=10).

GRUPO	FORMULACIONES
<b>G1: Control positivo</b>	NaOCl 5.25 %
<b>G2: Control negativo</b>	Quitosano 0.058%
<b>G3: Experimental 1</b>	Quitosano/L-Arginina 1uM
<b>G4: Experimental 2</b>	Quitosano/N-Ureidocarbazol 0.05 uM
<b>G5: Experimental 3</b>	Quitosano/L-Arginina1uM/N-Ureidocarbazol 0.05 uM

Tabla 2 Designación de los grupos control positivo, control negativo y grupos experimentales.

## 15 CRITERIOS DE SELECCIÓN

### 15.1 De la formulación

#### 15.1.1 Inclusión

Irrigante a base de Quitosano que cumplan con características de fluidez, concentración, disolución homogénea y color.

#### 15.1.2 Exclusión

Irrigante a base de Quitosano que no cumplan con características de fluidez, concentración, disolución homogénea y color.

#### 15.1.3 Eliminación

Irrigantes que se contaminen y que cambien de color durante el experimento.

## 16 VARIABLES

VARIABLES INDEPENDIENTES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	ESCALA Y CATEGORIA
<b>Quitosano</b>	Biopolímero hidrofílico derivado de la desacetilación parcial de la quitina. Es biocompatible, biodegradable, bioadhesivo y no es tóxico.	Se hizo una disolución acuosa de Quitosano a 60 °C.	mg continua cuantitativa.
<b>Ácido acético</b>	Compuesto químico orgánico, de aspecto líquido e incoloro, se obtiene por fermentación acética, y pertenece a grupos de los ácidos carboxílicos con un pH de 2.5.	Se agregó 1 % de este compuesto a la disolución acuosa de Quitosano.	mL ó % continua cuantitativa
<b>ACN</b>	Disolvente orgánico que promueve la disolución de los componentes sólidos orgánicos.	Se agregaron a la solución 1.2 mL.	mL Continua Cualitativa.
<b>Agua destilada</b>	Sustancia compuesta por H <sub>2</sub> O, sometida a proceso de desacetilación.	Se agregaron 40 mL de agua destilada en un vaso de precipitado a 60 °C.	mL continua cuantitativa.

<b>L-Arginina</b>	Aminoácido semiesencial con un pH aproximado de 11.4, químicamente en forma de polvo, de color blanco y de olor débil.	Se agregó 250 mg de L-Arginina.	mg continua cuantitativa.
<b>N-Ureidocarbazol</b>	Compuesto aromático heterocíclico en polvo, inoloro.	Se agregaron 2.5 miligramos a la disolución de Quitosano correspondiente.	mg continua cuantitativa.
<b>NaOH</b>	Solución acuosa altamente alcalina y soluble en agua.	Se agregaron 50 $\mu$ L.	$\mu$ L continua cuantitativa.

*Tabla 3 Variables independientes de estudio.*

<b>VARIABLES DEPENDIENTES</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICIÓN OPERACIONAL</b>	<b>ESCALA Y CATEGORÍA</b>
<b>pH</b>	Propiedad química que mide el grado de acidez o alcalinidad de una solución acuosa.	Potenciómetro Se calibró el potenciómetro con solución Buffer, se lava y se toma lectura de la muestra problema.	1 -14 Discreta
<b>Tensión superficial</b>	Propiedad permite que el irrigante fluya y penetre con mayor capacidad en túbulos dentinario.	Tensiómetro Método de medición de ángulo de contacto.	Cuantitativa
<b>Viscosidad</b>	Propiedad que surge de la colisión entre partículas vecinas en un fluido que se mueven diferentes velocidades.	Viscosímetro de Ubbelohde Se colocó el líquido a medir en el viscosímetro. Posteriormente se tomó la lectura de la viscosidad.	Cuantitativa

*Tabla 4 Variables dependientes de estudio.*

## **17 CONCORDANCIA Y FIABILIDAD**

### **17.1 Estandarización y capacitación del investigador**

En el presente proyecto de investigación se estandarizó al estudiante en el manejo de la balanza analítica Adventurer Pro (OHAUS), parrilla de calentamiento y agitación 5000 (OHAUS), potenciómetro (ROCA-Modelo PHS-3CU), tensiómetro con balanza analítica marca Ohaus Pioner PA64C y una celda de medición, picnómetro de 10 mL y viscosímetro de Ubbelohde. Para dar validez al proceso se realizó un análisis estadístico denominado “Coeficiente de Correlación Intraclase”, el cual es un índice que nos ayudó a indicar el grado de aceptación de interrelación inter-observador y que permitió cuantificar el nivel del acuerdo inter-observador para disminuir la subjetividad de la prueba, obteniendo un CCI de un rango de 0.61 a 0.8, que se interpreta que el alumno está estandarizado para realizar los estudios y disminuir la variabilidad.

## **18 UBICACIÓN ESPACIO TEMPORAL**

- Laboratorio de Fisiología de la FEBUAP.
- Laboratorio multidisciplinario de la FEBUAP.
- Laboratorio de Química II de la FIQ BUAP.
- Laboratorio de Superficies, Facultad de Química, UNAM.

## 19 METODOLOGÍA

### 19.1 Preparación del hidrogel de Quitosano

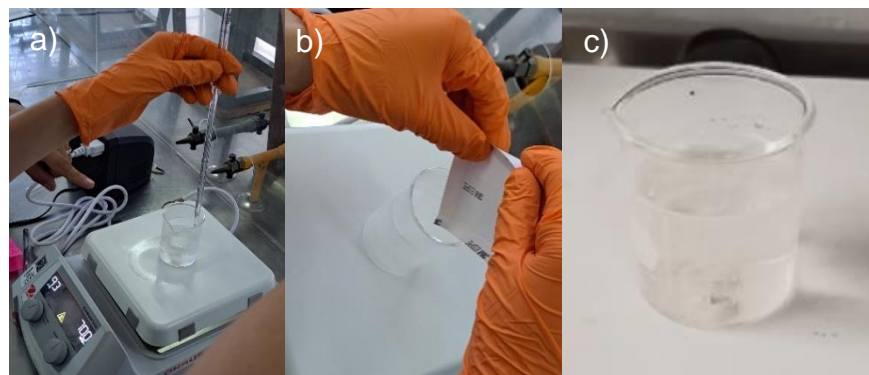
El procedimiento modificado con el que se llevó a cabo para la síntesis del hidrogel de Quitosano fue basado en el reportado por Sámano *et al.*, 2013 (31). Previamente se pesaron los componentes en una balanza analítica. Se preparó 350 mg de Quitosano en polvo, se agregaron 40 mL de agua destilada a un matraz y se agitó magnéticamente a 700 rpm mientras la temperatura se elevó a 60 °C. Se agregó 1.2 mL de acetonitrilo y posteriormente se adicionaron en forma de lluvia 350 mg de Quitosano. Luego se añadió a la formulación una solución acuosa de 0.8 mL de ácido acético (2%) y se continuó agitando durante 15 minutos hasta la disolución completa del Quitosano. Se agregó más agua hasta obtener la fluidez de un irrigante para después refrigerarla. Para la formulación de irrigantes de los grupos control y experimental se hará bajo el mismo procedimiento sustituyendo el N-Ureido carbazol por el respectivo compuesto.



Imágen 2 Pesado del polvo de Quitosano.



Imágen 1 Parrilla de agitación y ajuste de la temperatura.



Imágen 3 Incorporación de la lluvia de Quitosano.

## 19.2 Síntesis de irrigante de Quitosano/L- Arginina

Previamente se pesaron los materiales en una balanza analítica. En un vaso de precipitado se agregaron 40 mL de agua destilada, y se agitó magnéticamente a 700 rpm a 60 °C. Se agregó 1.2 mL de acetonitrilo y la mezcla se dejó en agitación por 5 minutos. A continuación, se agregaron 250 mg de L-Arginina y se dejó en agitación durante 5 minutos. Posteriormente se agregó en forma de lluvia 350 mg de Quitosano y 0.8 ml de ácido acético a la solución. La reacción se dejó en agitación por 5 minutos más, a la misma temperatura y se dejó enfriar para obtener las suspensiones. Se agregó más agua hasta que se obtuvo la fluidez de un irrigante y después se refrigeró.

## 19.3 Síntesis de irrigante de Quitosano- L-Arginina- N-Ureidocarbazol

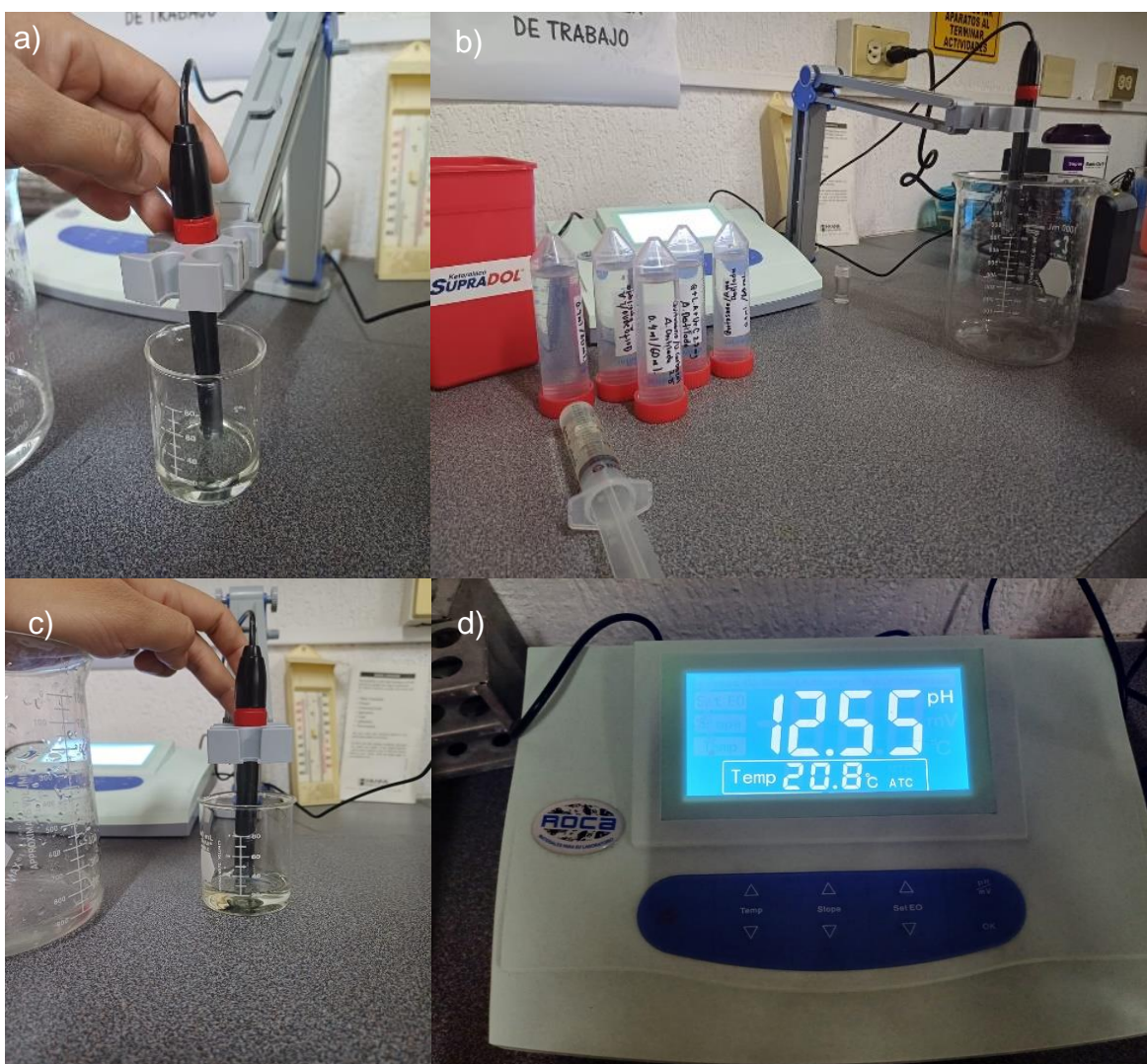
En un vaso de precipitado se colocaron 38 mL de agua destilada a 60 °C. Una vez alcanzada la temperatura se adicionaron 250 mg de L-Arginina y 350 mg de Quitosano dejándolo en agitación hasta la disolución. En otro recipiente se adicionaron 1.2 mL de acetonitrilo y se agitó con 2.5 mg de N-Ureidocarbazol a temperatura ambiente. Una vez disuelto se agregó a la solución de Quitosano/L-Arginina y se agitó durante 5 minutos. Finalmente se adicionaron 0.8 mL de ácido acético y se dejó en agitación por 15 minutos a temperatura ambiente, para obtener una solución homogénea. Se agregó más agua hasta que se obtuvo la fluidez de un irrigante y después se refrigeró.



*Imagen 4 Síntesis de hidrogel de N Ureidocarbazol.*

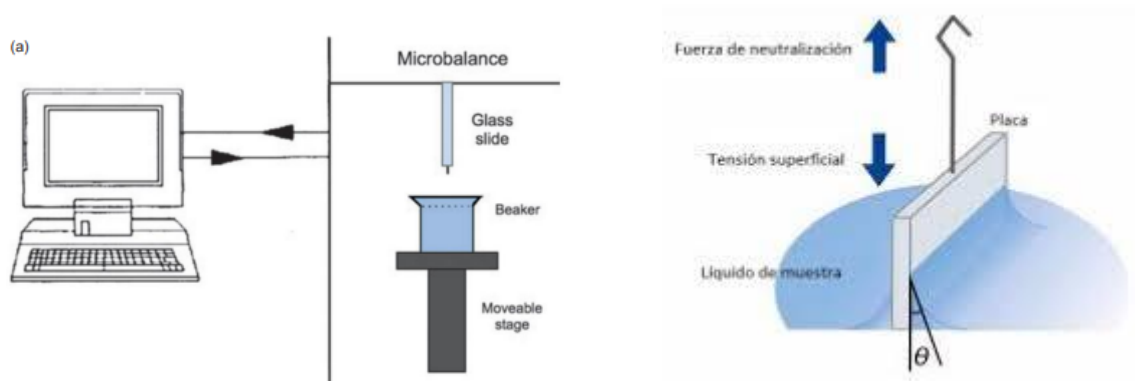
## 19.4 Medición de pH

Se calibró el potenciómetro inicialmente y durante las mediciones. Se colocó en un vaso de precipitado una dosis única de irrigante, primero tomando registro del grupo control (+), realizaron repetidas mediciones ( $n=10$ ). Posteriormente se realizaron el mismo número de mediciones en el grupo control (-) y grupos experimentales hasta que la lectura de estos fue estable. La sonda se lavó minuciosamente usando agua destilada entre cada medición. Para elevar el pH de las soluciones Quitosano se agregaron 60  $\mu\text{L}$  de NaOH. El pH resultante del líquido se registró usando un medidor de pH (ROCA-Modelo PHS-3CU) a temperatura ambiente.



*Imágen 5 Calibración de potenciómetro y medición de pH de irrigantes (NaOCl, irrigantes a base de Quitosano).*

## 19.5 Prueba de tensión superficial con técnica de placa de Wilhemy



Imágen 6 Técnica de placa de Wilhemy.

**Principio:** Balance de fuerzas entre la tensión superficial y la fuerza de gravedad. Se agitaron los irrigantes a base de Quitosano en baño de ultrasonido marca Cole Palmar durante 10 minutos por el precipitado que presentaban antes de hacer las mediciones. Se montó el tensiómetro con balanza analítica marca Ohaus Pioner PA64C y una celda de medición. La celda se conectó a un recirculador PolyScience a través de 2 mangueras a 20 °C. La balanza analítica se conectó a una computadora con sistema Windows XP a el programa SPDC Data Collection. Se prendió el recirculador para controlar la temperatura a 20 °C, por bombeo se llenó la celda de medición con agua a través de las mangueras, la cual ajustó la temperatura de la celda. Se agregó a la celda la solución a medir y se lavó la placa de platino iridio en etanol para después flamearla en un mechero hasta rojo vivo. Inicialmente se colocó un gancho conectado a la balanza analítica y se abrió el programa SPDC. Se colocó la tara en balanza analítica, la placa una vez flameada se colgó en el gancho y se taró otra vez y el programa inmediatamente comenzó registrando valores. La celda colocada en un elevador hidráulico o jack se fue elevando hasta que la placa tocó el borde de la solución, la cual subió por capilaridad. El programa inició registrando los valores de masa del líquido que asciende sobre la placa. Después se esperó 1 hora y media con el fin de que la solución llegara a equilibrio térmico-mecánico. Se tapó la boquilla para disminuir perdidas por evaporación, con dos portaobjetos, y después de cumplir la hora y media de registro de datos se hizo el cambio de solución. Se detuvo el programa,

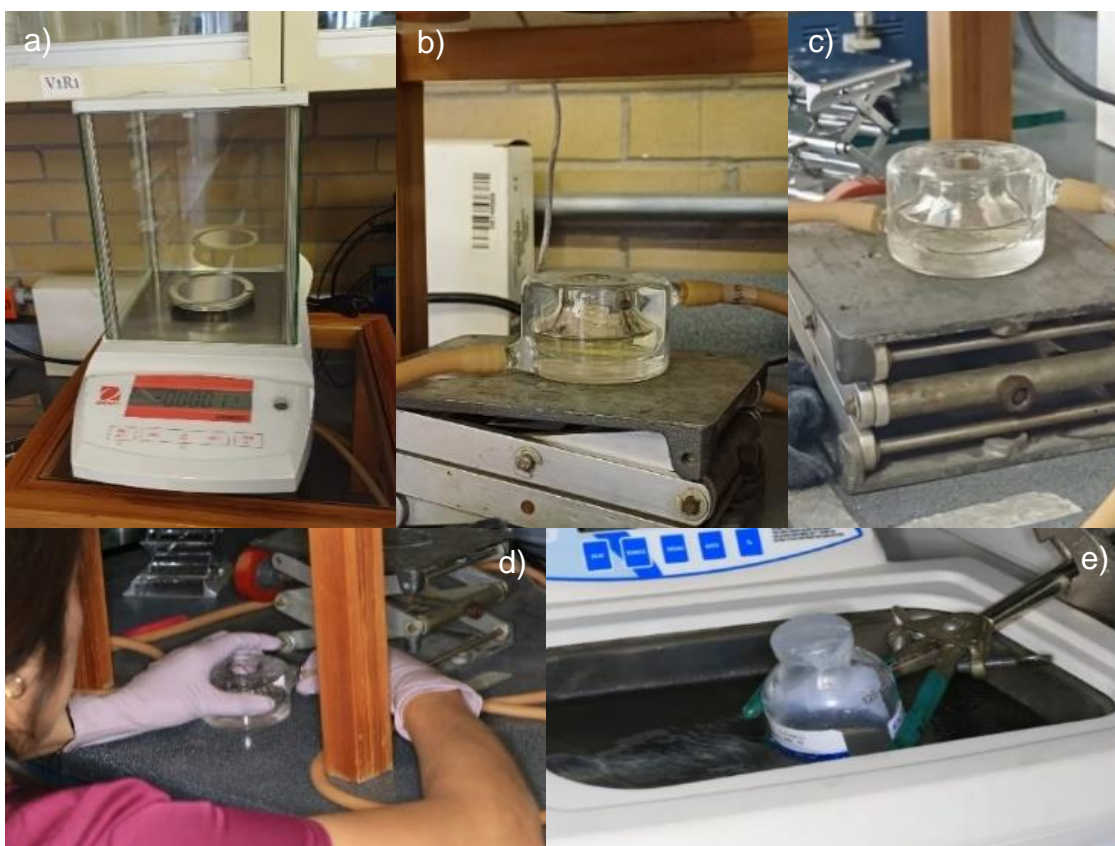
se apagó el recirculador y se desconectó la manguera de la celda para lavarla con agua de grifo, etanol y agua destilada. Se puso a secar la celda en una estufa de calentamiento marca Binder a 80 °C entre 15 y 20 min. Una vez seco se conectó nuevamente y se realizó el mismo procedimiento para medir otra solución.

### Memoria de cálculo

Se promediaron los datos de masa de la última media hora de medición. Con el valor promedio de la masa se empleó la ecuación 1.

$$\sigma = \frac{mg}{P}$$

Donde “m” es la masa, “g” es la constante de aceleración de la gravedad y “P” es el perímetro de la placa.  $g = 977.44 \text{ cm s}^{-2}$  y el perímetro es de 4.8321 cm.



*Imagen 7 Montado de tensiómetro, agitación sónica de irrigante previa a la medición.*



*Imágen 8 Flameado de la placa de platino iridio, y lectura del programa SPDC al acercar la celda a la solución.*



*Imágen 9 lavado y secado de celda.*

## 19.6 Técnica de medición de viscosidad

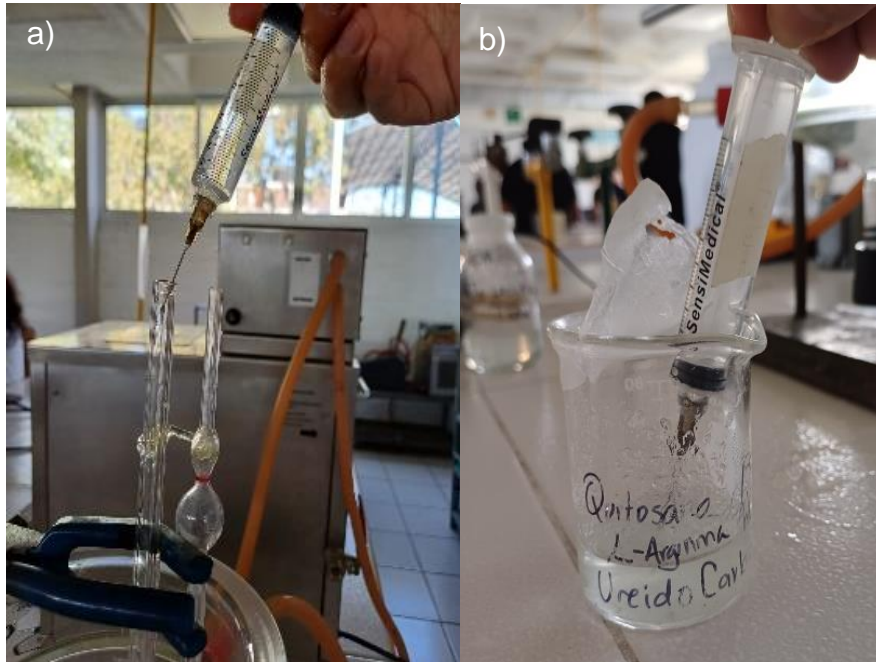
Se realizaron pruebas de viscosidad a los grupos a base de quitosano y al grupo control positivo, utilizando un viscosímetro de Ubbelohde (con diámetro capilar de 0.63 mm). Éste es un tipo de viscosímetro capilar que mide el tiempo que tarda un líquido en fluir desde un punto a otro en el brazo capilar, dando un parámetro de la viscosidad. La viscosidad se calculó utilizando una fórmula que tiene en cuenta el tiempo de flujo y las dimensiones del viscosímetro.

Primero se limpió y seco el viscosímetro para evitar cualquier contaminación que pudiera afectar las mediciones. En un soporte de anillo se colocó un vaso de reacción con una capacidad de 1000 ml, conectado a un recirculador BP-F4 a una temperatura de 22 °C. Se llenó el vaso con agua destilada y se dejó esperando unos minutos hasta que la temperatura se ajustó. Una pinza universal de tres dedos sostuvo el viscosímetro dentro del vaso de reacción a la temperatura ya ajustada.

Se midió el tiempo de caída del grupo control (+) (NaOCl) para posteriormente buscar un tiempo de caída de los grupos a base de Quitosano similar a los de NaOCl. La disolución ajustada fue de 0.4 mL de hidrogel a base de Quitosano con 60 ml de agua destilada. Se llenó el viscosímetro con el líquido de manera cuidadosa para evitar la formación de burbujas de aire que pudieran afectar la medición. Se colocó el viscosímetro en posición vertical y se midió el tiempo que tarda el líquido en fluir a través del capilar del viscosímetro con una perilla de 3 tiempos. Este tiempo se utilizó para calcular la viscosidad del líquido según la fórmula específica del viscosímetro de Ubbelohde. Entre cada solución se lavó y verificó que el viscosímetro estuviera seco.



*Imagen 10 Montado y adaptación de temperatura.*



*Imágen 11 Montado de viscosímetro en recirculador, disolución de hidrogel e inyección de irrigante en viscosímetro.*

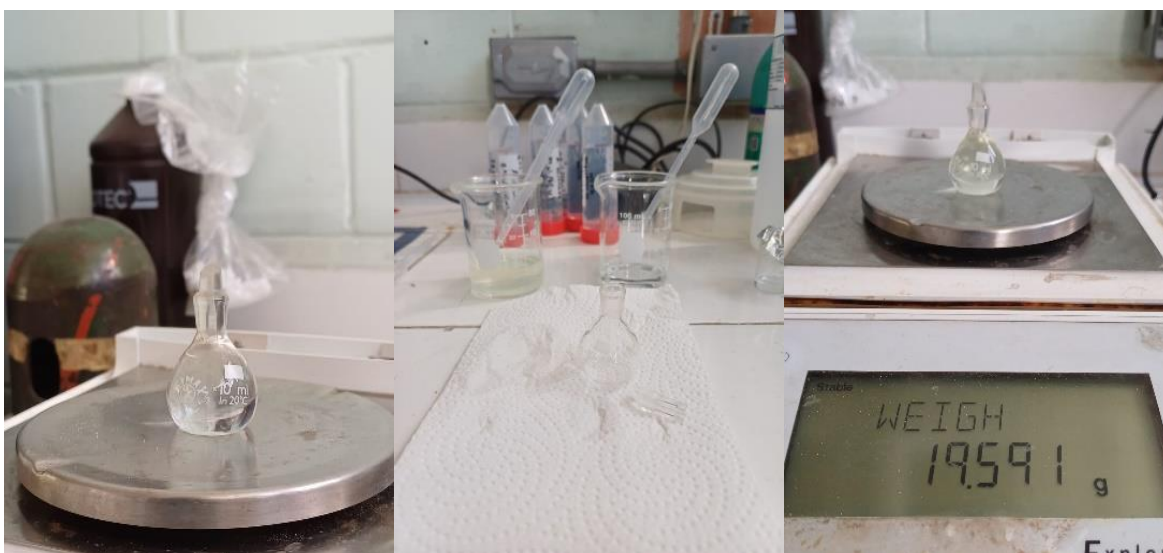


*Imágen 13 Tiempo de caída del NaOCl e irrigantes a base de Quitosano.*

### 19.7 Técnica de medición de densidad por picnometría

Se utilizó un picnómetro 10 ml para realizar esta medición.

Se aseguró que el picnómetro estuviera limpio y seco antes de su uso para evitar cualquier contaminación que pueda afectar la medición de la densidad. Se pesó el picnómetro vacío en una balanza analítica de alta precisión y se registró la masa. Se llenó el picnómetro hasta desbordar ligeramente con agua destilada cuya densidad se midió. Es importante llenar el picnómetro hasta un nivel específico para garantizar una medición precisa. Finalmente se pesó el picnómetro lleno con el líquido correspondiente a cada grupo y se registró la masa total por triplicado. Para el cálculo se restó la masa del picnómetro vacío de la masa del picnómetro lleno para obtener la masa del líquido. Se utilizó la fórmula de densidad, que es densidad = masa del líquido / volumen del líquido, para calcular la densidad del líquido.



*Imagen 14 Peso del picnómetro vacío, llenado con solución y toma de peso con solución.*

### 19.8 Memoria de cálculo para viscosidad dinámica y relativa.

Se tomó el tiempo de caída en cada grupo (n=10), se aplicó la fórmula en cada medición y se promediaron.

Para el cálculo se usan las siguientes ecuaciones:

## Viscosidad dinámica

$$\eta = v * \rho$$

- $\eta$ : Viscosidad dinámica del fluido ( $\text{g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ )
- $t$ : Tiempo de caída de la sustancia (s)
- $\rho$ : Densidad del fluido ( $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ )
- $K$ : Constante del viscosímetro ( $\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-2}$ ) =  $0.001445 \text{ cm}^2 \cdot \text{s}^{-2}$
- $u$ : viscosidad cinemática ( $\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ )

Ecuaciones para calcular viscosidades de polímeros en solución

## Viscosidad relativa

$$\eta_{rel} = \frac{t}{t_0}$$

Se mide el tiempo de caída ( $t_0$ ) del disolvente conocido por medio del capilar, posteriormente de la misma forma, se mide el tiempo de caída ( $t$ ) de la solución de concentración conocida ( $C$ ) del polímero por el capilar.

## 20 RESULTADOS

El uso de Quitosano como irrigante endodóntico pueden ser una alternativa considerado los efectos no deseables del NaOCl, además, como sistema de liberación de sustancias como L-Arginina y N-Ureidocarbazol. Los irrigantes de este estudio fueron obtenidos a partir de hidrogeles de quitosano sintetizados por la modificación del método reportado por Sámano *et al.*, 2013 (31). La composición general del NaOCl e irrigantes a base Quitosano se muestra en la tabla 5.

	Irrigante	Composición
<b>G1</b>	NaOCl 5.25 % (Cloralex)	Na: 13.97%; O: 58.35 % y Cl: 21.55 %
<b>G2</b>	Q (Sigma Aldrich)	Q 0.058 %/ CH <sub>3</sub> CN1.2 mL / ACN0.8 mL / H <sub>2</sub> O 60 mL / NaOH 50 µL
<b>G3</b>	Q/Arg (Sigma Aldrich)	Q 0.058 % / CH <sub>3</sub> CN1.2 mL / ACN 0.8 mL / Arg 1 uM / H <sub>2</sub> O 60 mL / NaOH 50 µL
<b>G4</b>	Q /N-Urc (Sigma Aldrich)	Q 0.058 % / CH <sub>3</sub> CN1.2 mL / ACN 0.8 mL / N-Urc 0.05 uM / H <sub>2</sub> O 60 mL / NaOH 50 µL
<b>G5</b>	Q /Arg /N-Urc (Sigma Aldrich)	Q 0.058 % / CH <sub>3</sub> CN1.2 mL / ACN 0.8 mL / Arg 1 uM / N-Urc 0.05 uM / H <sub>2</sub> O 60 mL / NaOH 50 µL

*Tabla 5 Composición de grupo control positivo, grupo control negativo y grupos experimentales.*

Los parámetros de viscosidad, pH y tensión son propiedades importantes de los irrigantes endodónticos. La viscosidad de un irrigante se refiere a la medida de resistencia interna de un líquido al fluir que puede afectar la capacidad para penetrar y limpiar adecuadamente, el pH es una medida fundamental de acidez o alcalinidad, en endodoncia puede influir en la capacidad para desinfectar y la tensión superficial es importante debido a la influencia en la capacidad del irrigante para mojar y penetrar. Las medias y desviación estándar de viscosidad, pH y tensión superficial de los irrigantes a base de Quitosano e NaOCl se encuentran en la tabla 6.

Irrigante	$(\eta) (g*cm^{-1}*s^{-1})$	$(\eta_{rel})$	<i>Ph</i>	$\sigma (mN/m^2)$
<b>G1</b>	0.013144822± 0.00030669		12.538 ±0.023	63.03± 0.0040
<b>G2</b>	0.00944391± 0.00027339	0.769280945 ± 0.036862236	11.793 ± 0.035	63.03± 0.0040
<b>G3</b>	0.009493502± 0.00029322	0.773626907± 0.031753928	11.883 ± 0.148	61.49± 0.0020
<b>G4</b>	0.009426716± 0.000244151	0.767209432± 0.017736866	11.747 ± 0.030	58.44± 0.0007
<b>G5</b>	0.008587373± 0.000203465	0.738370718± 0.020682155	11.778 ± 0.028	21.00±0.0029

*Tabla 6 Promedios generales de viscosidad, tensión superficial y pH de NaOCl al 5.25 % e irrigantes a base de Quitosano.*

*\*Todas las medidas de viscosidad y pH fueron realizadas a una temperatura constante de (22 °C) (n=10), y la tensión superficial a una temperatura de 20°C promediados de la última media hora de medición. Para sacar promedio de la viscosidad dinámica, se tuvo que realizar un cálculo de densidad del fluido “p”, los resultados se pueden observar en el anexo24.4.*

## Viscosidad dinámica

La viscosidad dinámica es una medida de la resistencia interna de un fluido al fluir o deformarse bajo esfuerzo cortante y es muy importante para comprender el comportamiento de los fluidos.

Los valores de viscosidad dinámica de los grupos están en un rango de  $0.008587373 \pm 0.000203465$  a  $0.013144822 \pm 0.00030669$   $\text{g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ , los cuales incrementan en el siguiente orden  $G5 < G4 < G3 < G2 < G1$ , en el cual se observa que existe una diferencia estadísticamente significativa al comparar el valor de viscosidad dinámica de NaOCl contra las 4 formulaciones a base de Quitosano ( $p$  valor  $< 0.05$ ) Tabla 7. El valor más alto de viscosidad dinámica lo presenta G1 (NaOCl) con una media  $0.013144822 \pm 0.00030669$ . En contraste el valor más bajo de viscosidad dinámica lo presenta G5 (Q/Arg/N-Urc) con un valor de  $0.008587373 \pm 0.000203465$   $\text{g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ .

	<b>Viscosidad “n” – Media <math>\pm</math>SD</b>	<b>P valor</b>
<b>G1</b>	0.013144822 $\pm$ 0.00030669	
<b>G2</b>	0.00944391 $\pm$ 0.00027339	
<b>G3</b>	0.009493502 $\pm$ 0.00029322	
<b>G4</b>	0.009426716 $\pm$ 0.000244151	
<b>G5</b>	0.008587373 $\pm$ 0.000203465	
	<b>P valor final</b>	<b>&lt;0.001</b>

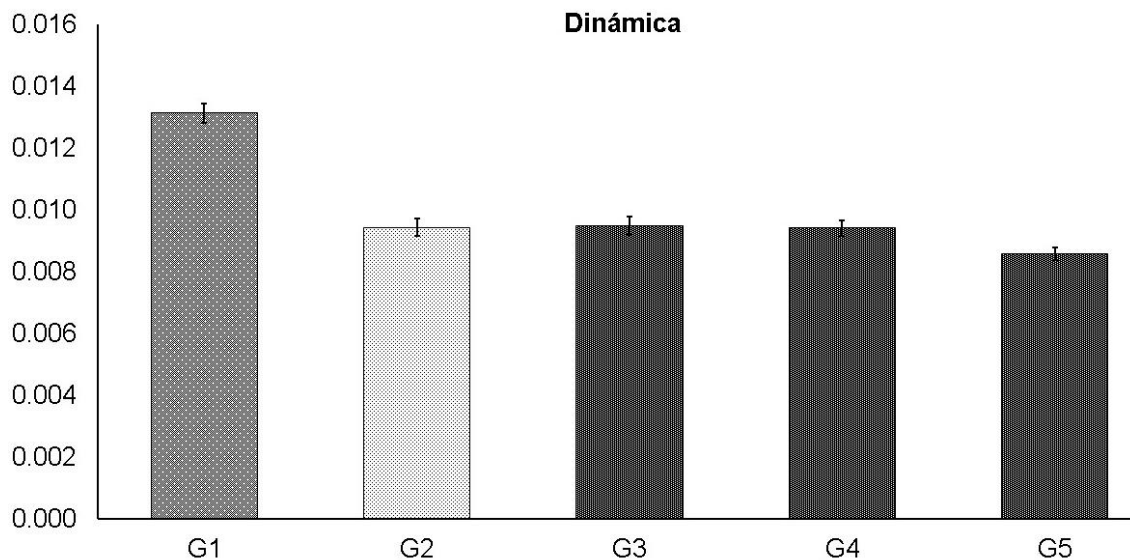
Tabla 7 Prueba estadística ANOVA de viscosidad dinámica.

El análisis de ANOVA demostró que si hay diferencia estadísticamente significativa entre los grupos ya que el valor  $p$  de la prueba es menos que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa. Para determinar en donde se encuentran las diferencias se empleó la prueba “post hoc Tukey” para todos los grupos que se observa en la tabla 8.

Post hoc Tukey	Sig.	P valor
<b>G1-G2</b>	*	<0.001
<b>G1-G3</b>	*	<0.001
<b>G1-G4</b>	*	<0.001
<b>G1-G5</b>	*	<0.001
<b>G2-G3</b>		1.000000
<b>G2-G4</b>		1.000000
<b>G2-G5</b>	*	0.002347

Tabla 8 Análisis comparativo, prueba post hoc Tukey.

En la gráfica 1 y tabla 8 se observa que existen diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0 % de confianza entre los grupos experimentales y el control positivo. Lo que indica que se acepta la hipótesis nula.



Gráfica 1 Viscosidad dinámica de G1 (NaOCl) e irrigantes formulados a base de Quitosano (G2-G5) n: 10.

## Viscosidad relativa

La viscosidad relativa es una medida de la resistencia de un fluido a fluir en comparación con otro fluido, es decir. Esta medida de viscosidad se utiliza para comparar polímeros entre sí. Los valores de viscosidad relativa de los grupos están en un rango de  $0.738370718 \pm 0.020682155$  a  $0.773626907 \pm 0.031753928$ , los cuales incrementan en el siguiente orden  $G5 < G4 < G2 < G3$ , en el cual se observa que existe una diferencia estadísticamente significativa al comparar el valor de viscosidad relativa de Quitosano contra los 3 grupos experimentales ( $p$  valor  $< 0.030584$ ) Tabla 9. El valor más alto de viscosidad relativa lo presenta G3 (Q/Arg) con una media  $0.773626907 \pm 0.031753928$ . En contraste el valor más bajo de viscosidad dinámica lo presenta G5 (Q/Arg/N-Urc) con un valor  $0.738370718 \pm 0.020682155$ .

	Viscosidad "nrel" – Media $\pm$ SD	<i>P</i> valor
<b>G2</b>	0.769280945 $\pm$ 0.036862236	
<b>G3</b>	0.773626907 $\pm$ 0.031753928	
<b>G4</b>	0.767209432 $\pm$ 0.017736866	
<b>G5</b>	0.738370718 $\pm$ 0.020682155	
	<b>P valor final</b>	<b>0.030584</b>

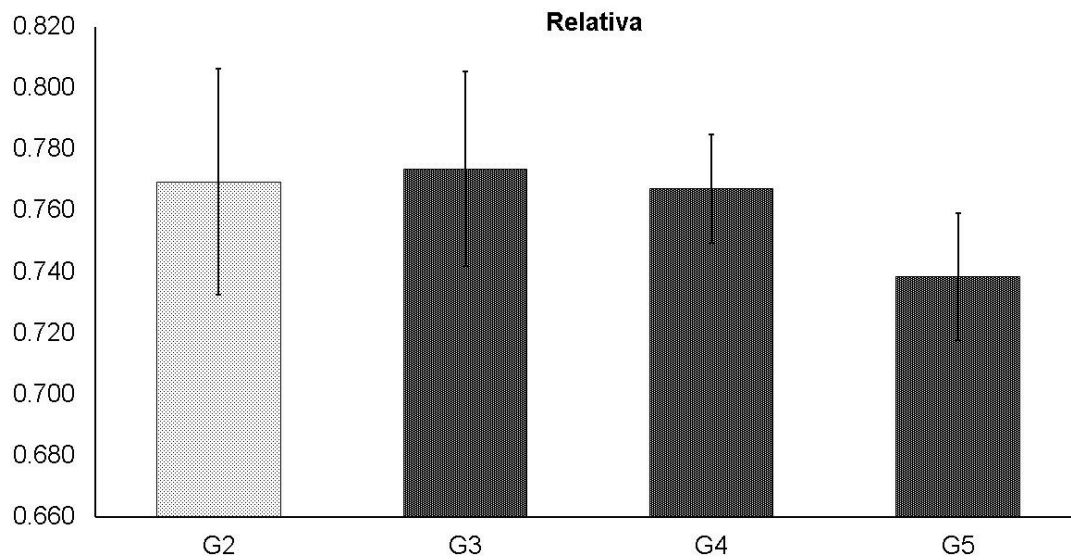
Tabla 9 Prueba estadística ANOVA de viscosidad relativa

El análisis de ANOVA demostró que no hay diferencia estadísticamente significativa entre los grupos G2, G3 y G4 ya que el valor  $p$  de la prueba es mayor a 0.05, pero si existe una diferencia estadísticamente significativa entre el grupo G2 y G5. Para determinar en donde se encuentran las diferencias se empleó la prueba "post hoc Tukey" para todos los grupos que se observa en la tabla 10.

Post hoc Tukey	Sig.	<i>p</i> valor
<b>G2- G3</b>		0.7808
<b>G2-G4</b>		0.874558
<b>G2-G5</b>	*	0.032784

Tabla 10 Análisis comparativo, prueba post hoc Tukey.

En la gráfica 3 y tabla 10 se observa que existen diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0 % de confianza entre los grupos experimentales y el control positivo. Lo que indica que se acepta la hipótesis nula.



*Gráfica 2 Viscosidad relativa de G1 (NaOCl) e irrigantes formulados a base de Quitosano (G2-G5) n: 10.*

## Tensión superficial

La tensión superficial en los irrigantes endodónticos se refiere a la propiedad física que describe la fuerza necesaria para romper la superficie de un líquido y penetrar las complejas estructuras de los conductos radiculares.

Los valores de tensión del grupo control positivo (NaOCl), control negativo (quitosano), y experimentales (G3-G5) se muestran en la tabla 11. Éstos se encuentran en un rango de  $21.00 \pm 0.0029$  a  $63.03 \pm 0.0040$  dyn/cm.y van incrementando en este orden,  $G5 < G2 < G4 < G3 < G1$ , en el cual se observa que existe una diferencia estadísticamente significativa al comparar el valor de tensión superficial de NaOCl contra las 4 formulaciones a base de quitosano ( $p$  valor  $< 0.05$ ) Tabla 14. El valor más alto de lo presenta G1 (NaOCl) con una media  $12.538 \pm 0.023$ . En contraste el valor más bajo de tensión superficial lo presenta G5 (Q/Arg/N-Urc) con un valor de  $21.00 \pm 0.0029$ .

	<b>Tensión superficial MEDIA<math>\pm</math>SD</b>	<b>P valor</b>
<b>G1</b>	$63.03 \pm 0.0040$	
<b>G2</b>	$47.10 \pm 0.0040$	
<b>G3</b>	$61.49 \pm 0.0020$	
<b>G4</b>	$58.44 \pm 0.0007$	
<b>G5</b>	$21.00 \pm 0.0029$	
	<b>P valor final</b>	$< 0.001$

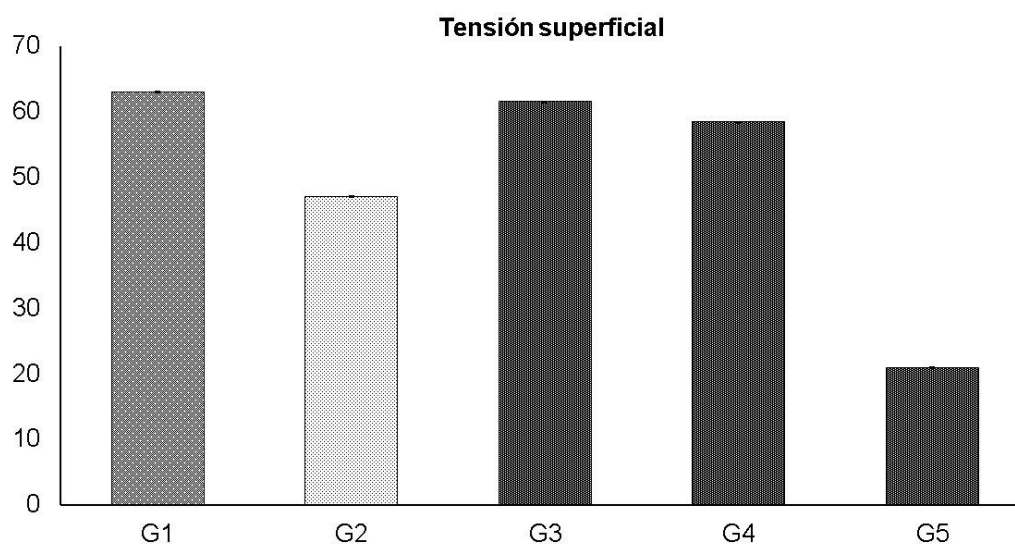
Tabla 11 Prueba estadística ANOVA de Tensión superficial. Promedio de tensión superficial de NaOCl e irrigantes a base de Quitosano \* Los datos de masa fueron promediados de la última media hora de medición a una temperatura de 20°C.

El análisis de ANOVA demostró que si hay diferencia estadísticamente significativa entre los grupos ya que el valor  $p$  de la prueba es menos que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa. Para determinar en donde se encuentran las diferencias se empleó la prueba “post hoc Tukey” para todos los grupos que se observa en la tabla 12.

Post hoc Tukey	Sig.	P valor
<b>G1-G2</b>	*	<0.001
<b>G1-G3</b>	*	<0.001
<b>G1-G4</b>	*	<0.001
<b>G1-G5</b>	*	<0.001
<b>G2-G3</b>	*	<0.001
<b>G2-G4</b>	*	<0.001
<b>G2-G5</b>	*	<0.001

Tabla 12. Análisis comparativo, prueba post hoc Tukey.

En la gráfica 3 y tabla 12 existen diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0 % de confianza entre los grupos experimentales y el control positivo. Lo que indica que se acepta la hipótesis nula.



Gráfica 3 Tensión superficial de G1 (NaOCl) e irrigantes formulados a base de quitosano (G2-G5). Los datos de masa fueron tomados de la última media hora de medición a una temperatura de 20°C.

## pH

El pH es un factor crucial de un irrigante endodóntico debido a su impacto en la efectividad de la desinfección y en la biocompatibilidad durante el tratamiento de conducto. Los valores de pH del grupo control positivo (NaOCl), control negativo (quitosano), y experimentales (G3-G5) se muestran en la tabla 13. Estos valores de pH se encuentran en un rango de  $11.747 \pm 0.030$  a  $12.538 \pm 0.023$ , y van incrementando en este orden,  $G4 < G5 < G2 < G3 < G1$ , en el cual se observa que existe una diferencia estadísticamente significativa al comparar el valor de pH de NaOCl contra las 4 formulaciones a base de quitosano (p valor  $< 0.05$ ) Tabla 13. El valor más alto de pH lo presenta G1 (NaOCl) con una media  $12.538 \pm 0.023$ . En contraste el valor más bajo de pH lo presenta G4 (Q/N-Urc) con un valor de  $11.747 \pm 0.030$ .

	<b>pH- Media <math>\pm</math>SD</b>	<b>P valor</b>
<b>G1</b>	$12.538 \pm 0.023$	
<b>G2</b>	$11.793 \pm 0.035$	
<b>G3</b>	$11.883 \pm 0.148$	
<b>G4</b>	$11.747 \pm 0.030$	
<b>G5</b>	$11.778 \pm 0.028$	
	<b>P valor final</b>	$<0.001$

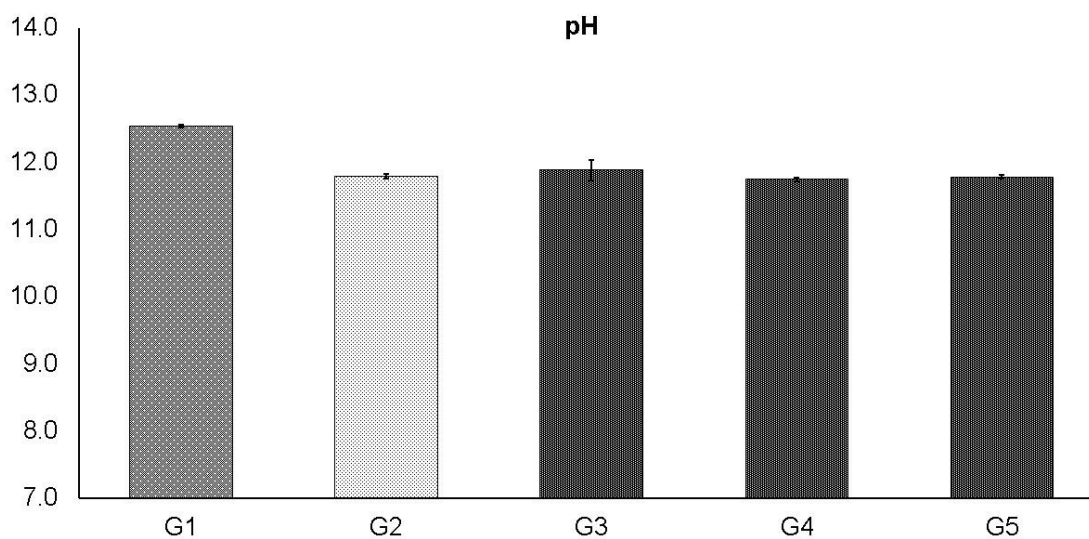
*Tabla 13 Prueba estadística ANOVA de pH. Promedio de pH de NaOCl e irrigantes a base de Quitosano. \*Todas las medidas de pH fueron realizadas a una temperatura de 22 °C. (n=10).*

El análisis de ANOVA demostró que si hay diferencia estadísticamente significativa entre los grupos ya que el valor p de la prueba es menos que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa. Para determinar en donde se encuentran las diferencias se empleó la prueba “post hoc Tukey” para todos los grupos que se observa en la tabla 14.

Post hoc Tukey	Sig.	<i>P</i> valor
<b>G1-G2</b>	*	<0.001
<b>G1-G3</b>	*	<0.001
<b>G1-G4</b>	*	<0.001
<b>G1-G5</b>	*	<0.001
<b>G2-G3</b>		0.077413
<b>G2-G4</b>		0.005174
<b>G2-G5</b>		0.299854

*Tabla 14 Análisis comparativo, prueba post hoc Tukey.*

En la gráfica 4 y tabla 14 existen diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0 % de confianza entre los grupos experimentales y el control positivo. Lo que indica que se acepta la hipótesis nula.



*Gráfica 4. pH de G1 (NaOCl 5.25%) e irrigantes formulados a base de Quitosano (G2-G5) n: 10.*

## 21 DISCUSIÓN

El objetivo principal de la terapia endodóntica es erradicar las bacterias de los conductos radiculares infectados y prevenir su reinfección. El conducto radicular se moldea con instrumentos manuales y rotatorios en conjunto con irrigación constante para eliminar tejido necrótico, orgánico, inorgánico, bacterias/biopelículas y otros desechos del espacio del conducto radicular. Incluso con instrumentación y desinfección, un 65 % de los túbulos dentinarios permanecen infectados ya que la anatomía interna de los conductos radiculares cuenta con variedad de conductos accesorios, laterales, anastomosis, entre otros, que dificultan la penetrabilidad hasta esas zonas y por lo tanto la desinfección de ellos. El hipoclorito de sodio (NaOCl), es la solución de irrigación más popular y se usa habitualmente a una concentración entre 0.5 % y 6 %, es un potente antimicrobiano, disuelve eficazmente restos pulpares y de colágeno, se utiliza como solución no tamponada a pH de 11 en diversas concentraciones. Las debilidades del NaOCl incluyen el sabor desagradable, la toxicidad y su incapacidad para eliminar la capa de barrillo, ya que solo disuelve material orgánico. Existen propiedades físico químicas en los irrigantes endodónticos que impactan en la capacidad para penetrar a zonas de difícil alcance y cumplir su acción antimicrobiana.

Las características de un irrigante endodóntico ideal según Grossman incluye, entre otros parámetros fisicoquímicos, la viscosidad, pH y tensión superficial, las cuales son propiedades importantes de los irrigantes endodónticos para su fluidez, humectabilidad y acción antimicrobiana (10,32). La presente tesis comparó la viscosidad, el pH y la tensión superficial de soluciones poliméricas a base de quitosano con L-Arginina y N-Ureidocarbazol contra el NaOCl, como alternativas de irrigantes endodónticos formulados a partir de los hidrogeles obtenidos por el procedimiento modificado por Sámano *et al.* (2013) (31). Se agregaron 250 mg de L-Arginina a una concentración de 1 uM, y N-Ureidocarbazol a una concentración de 0.05 uM, es una concentración mucho más pequeña a lo reportado en la literatura(7). Yadav *et al.*, en el 2017 prepararon dos soluciones a base de quitosano diluyendo 0.25 y 0.5 gr en 100 mL en una solución acuosa de ácido acético al 1% (15) . En el presente estudio, 0.4 mL de hidrogel de Quitosano se

diluyó en 60 mL de agua destilada para obtener una concentración de 0.058% de Quitosano. En este estudio se ajustó el pH con 50 uL de una solución de NaOH al 1 M hasta lograr obtener un pH alcalino del irrigante.

De acuerdo con nuestra hipótesis, los valores de viscosidad dinámica ( $\nu$ ), pH y tensión superficial de los irrigantes a base de quitosano son diferentes a los valores de viscosidad, pH y tensión superficial del NaOCl (Cloralex). Además, en este estudio experimental se evaluó la viscosidad polimérica ( $n$ -rel) de las formulaciones a base de quitosano (G2), quitosano/L-Arginina (G3), quitosano/N-Ureidocarbazol (G4) y quitosano/L-Arginina/N-Ureidocarbazol (G5). Sin embargo, no se puede comparar la viscosidad polimérica de estas soluciones contra la solución acuosa de NaOCl.

### 21.1 Viscosidad

Uno de los parámetros importantes en los irrigantes es la viscosidad, y se define como la resistencia interna del flujo de irrigación del conducto radicular por tensión de corte o de tracción (33). En la dinámica de fluidos existen dos principales flujos, el laminar y el turbulento. El flujo laminar es suave y constante y el turbulento es inestable y caótico. El número de Reynolds ( $Re$ ) cuantifica la importancia de las fuerzas de viscosidad de estos tipos de flujo. El  $Re$  es inversamente relacionado con la viscosidad de fluido. A bajo número de  $Re < 2300$  las fuerzas de viscosidad permiten un flujo laminar, el cual puede asociarse teóricamente con una alta penetrabilidad del irrigante endodóntico en el sistema de conductos radiculares (Bukiet). Los valores de viscosidad dinámica encontrados en el NaOCl al 5.25 % (G1) fueron de  $0.013144822 \pm 0.00030669 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$  equivalentes a  $1.3144822 \text{ mPa} \cdot \text{s}^{-1}$  a temperatura constante de  $22 \text{ }^\circ\text{C}$ , con un viscosímetro de Ubbelohde (con diámetro capilar de 0.63 mm) con una muestra de 15 mL de volumen constante. En contraste en el estudio de Bukiet *et al.*, (2013) reportaron valores de viscosidad dinámica de  $1.298 \pm 0.007$  a temperatura constante de  $22 \text{ }^\circ\text{C}$  en el NaOCl a 4.8 % con un viscosímetro rotacional (Elcometer 2300; Elcometer® inspection Equipment, Manchester, UK) a una velocidad constante de 100 rpm, con una muestra de volumen constante de 18 mL. Los resultados obtenidos en este estudio para el NaOCl al 5.25 % son similares al NaOCl de 9.6 % a una temperatura de  $37 \text{ }^\circ\text{C}$  presentados por Bukiet. De acuerdo con el análisis de representado por Bukiet la

viscosidad dinámica y el flujo laminar del NaOCl encontrados en este estudio corresponden a un comportamiento de flujo laminar de conductos radiculares de 0.45 mm y 0.70 mm. Teóricamente el comportamiento del NaOCl al 5.25 % (Cloralex) usado en este estudio tiene una buena penetrabilidad. Son necesarios estudios de cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC, por su sigla en inglés) para poder identificar los agentes tensoactivos iónicos y no iónicos presentes en este NaOCl comercial que afectan la viscosidad dinámica según Bukiet *et al.*, y comparar los componentes tensoactivos y viscosidad dinámica con el NaOCl de Sigma Aldrich (3,33,34).

El Quitosano tiene aplicaciones potenciales dentro del área de la salud, no sólo en odontología, ya que estudios mencionan que está clasificada como una sustancia segura, ha sido ampliamente estudiada para el diseño de nuevos materiales para aplicaciones cosméticas y biomédicas, explotándose en diferentes formas físicas, como películas, nanopartículas, esponjas, y con base a lo que se realizó en este estudio, en hidrogel. Estudios de revisión revelan que el hidrogel de quitosano puede usarse de forma interesante para la entrega y administración de medicamentos, como antibióticos (35).

El irrigante endodóntico formulado a base de Quitosano(G2) presentó una diferencia estadísticamente significativa en el valor de la viscosidad dinámica comparada contra el NaOCl comercial como se muestra en la tabla 8. En este estudio se observó una reducción significativa de  $0.00944391 \pm 0.00027339 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$  equivalentes a 0.944391 mPa/s a temperatura constante de 22 °C, con un viscosímetro de Ubbelohde con una muestra de 15 mL de volumen constante.

Existen diferentes formulaciones a base de quitosano que han sido formuladas midiendo su actividad antimicrobiana pero no su tensión, viscosidad o pH. Pocos estudios han examinado la superficie de irrigantes a base de quitosano. Los valores de viscosidad relativa específica, inherente y reducida (anexo 21.5) encontrados en este estudio de los irrigantes a base de Quitosano demuestran una disminución de la viscosidad polimérica para el quitosano, lo que indica una fuerte interacción entre el polímero de quitosano y la solución de ácido acético al 1 %. El Quitosano utilizado en este estudio tiene un grado de desacetilación del 75 %. El compuesto de Quitosano es un electrolito catiónico y en una solución ácida a densidad de la carga

negativa a lo largo de la cadena principal incrementa con el grado de desacetilación, resultando en una conformación más expandida de las cadenas de Quitosano y con un número pequeño de aglomeraciones que pudieran hacerla más rígida (36). Los valores de viscosidad relativa para G2 (quitosano) es de 0.769280945  $\pm$ 0.036862236, para G3 (Quitosano/L-Arginina) 0.773626907 $\pm$ 0.031753928, para G4 (Quitosano/N-Ureidocarbazol 2.5) 0.767209432 $\pm$ 0.017736866 y para G5 (Quitosano/L-Arginina/ N-Ureidocarbazol 2.5) 0.738370718 $\pm$ 0.020682155. Existe disminución de la viscosidad en G4 cuando se agrega L-Arginina y N-Ureidocarbazol.

## **21.2 Tensión superficial**

El concepto de tensión superficial en los irrigantes endodónticos es de suma importancia, ya que la alta tensión superficial puede afectar la capacidad del irrigante para penetrar en la dentina impactando en su eficacia antibacteriana sobre los túbulos dentinarios. La humectabilidad y la tensión superficial están íntimamente relacionadas, ya que el tiempo de contacto sobre la superficie dependerá que tanto humecta el irrigante sobre el sustrato de dentina. La energía superficial de la dentina debe ser alta y la tensión superficial de líquido deber ser baja para lograr una humectabilidad óptima. La tensión superficial alta puede impedir la dispersión de la solución sobre la superficie, por lo tanto, una baja tensión superficial puede aumentar la penetración de irrigantes en las áreas no instrumentadas disolviendo tejido necrótico y orgánico(37–39). En este estudio para los valores de control positivo de tensión superficial se utilizó NaOCl al 5.25% (Cloralex) (G1), con la técnica de placa de Wilhemy, y un software que registró continuamente la fuerza de absorción del líquido sobre el portaobjetos, acondicionando el medio una temperatura constante de 20 °C, método similar al estudio reportado por Palazzi y cols. (2011). Los valores de tensión superficial encontrados en NaOCl al 5.25 % (G1) en este estudio fue de 63.03  $\pm$ 0.0040 mN/m<sup>2</sup>, quitosano (G2) 47.10 $\pm$  0.0040 mN/m<sup>2</sup>, Quitosano/ L-Arginina (G3) 61.49 $\pm$  0.0020 mN/m<sup>2</sup>, Quitosano/N-Ureidocarbazol (G4) 58.44 $\pm$  0.0007 mN/m<sup>2</sup> y quitosano/L-Arginina/N-Ureidocarbazol 2.5 (G5) 21.00 $\pm$ 0.0029 mN/m<sup>2</sup>. Los resultados de tensión superficial obtenidos en este estudio para el NaOCl al 5.25 % son diferentes a los reportados

por Palazzi y cols., donde el NaOCl al 5.25 % tuvo una tensión superficial de  $48.9 \pm 0.65 \text{ mJ/m}^2$  equivalente a  $48.9 \text{ mN/m}^2$  a una temperatura de  $22 \text{ }^\circ\text{C}$ . Estos resultados pudieron verse afectados por la temperatura a la cual se realizó el presente estudio  $20^\circ\text{C}$ , ya que la literatura reporta que la tensión superficial puede verse afectada por la elevación de la temperatura (37). Palazzi *et al.*, acondicionaron su experimento a  $22 \text{ }^\circ\text{C}$ . Aunado a este factor la composición de las soluciones por los diferentes tensoactivos que contienen pudieron haber afectado los resultados. Por lo que, se necesita un estudio complementario de HPLC de las soluciones de NaOCl al 5.25 % de la marca Cloralex para determinar qué tipo de surfactantes están presentes en esta solución.

Mientras que los valores de tensión superficial del quitosano de alto peso molecular ( $1.72 \times 10^{-7} \text{ M}$ ) a pH de 11.8 fue de  $47.10 \pm 0.0040 \text{ mN/m}^2$  (G2). Estos resultados difieren del estudio Krzan M. *et al.* 2022., quienes reportaron valores de tensión superficial  $42 \text{ mN/m}$  para el quitosano de bajo peso molecular (0.1%) en una solución de ácido acético al 0.1% y pH de 3.4. Valores más bajo de tensión mayor penetración y humectabilidad en la dentina.

En este estudio el irrigante G5 tuvo los valores más bajos de tensión superficial  $21.00 \pm 0.0029 \text{ mN/m}^2$ , seguido del control negativo de quitosano (G2)  $63.03 \pm 0.0040 \text{ mN/m}^2$ , ambos con valores menores de tensión superficial que el NaOCl  $63.03 \pm 0.0040 \text{ mN/m}^2$ , con una estadística significativa con un p valor  $< 0.005$ . Mientras que los grupos G3  $61.49 \pm 0.0020 \text{ mN/m}^2$ , y G4  $58.44 \pm 0.0007 \text{ mN/m}^2$ , también presentan valores ligeramente menores al NaOCl, pero también significativos, p valor  $> 0.005$ . Los resultados entre G2, al compararlos con G3 y G4 son similares a los encontrados Krzan M. donde al aumentar la concentración de saponina la tensión superficial fue aumentando (40).

### **21.3 pH**

El pH de los irrigantes endodónticos juega un papel importante dentro de la disolución de tejidos y en el efecto antimicrobiano, siendo el NaOCl el principal irrigante con una fuerte alcalinidad. El valor de pH del NaOCl antes de la disolución de tejidos está alrededor de 12, con o sin la presencia de agentes surfactantes,

siendo determinada por el equilibrio dinámico del NaOH y HOCl siendo más estable a un pH de 11 ó >12. A una mayor concentración de NaOCl y tiempo de contactos prolongados conllevan a una mayor cantidad de disolución. Después de la disolución del tejido pulpar, el pH disminuye cambiando el equilibrio químico dinámico, con un incremento de la formación de NaOCl, un descenso de la velocidad de la disolución de tejido y un descenso de los valores de pH (4,37,41).

En la formulación hay un porcentaje de NaOH (50 µL), en NaOCl es el responsable de la saponificación de los ácidos grasos, y de la disolución de tejidos pulpaes y el efecto antibacteriano. En la presente investigación los resultados obtenidos están dentro de los parámetros que marca la literatura (pH de 11 ó >12) para cumplir con el efecto antibacteriano y de disolución de tejidos. Los valores que se obtuvieron son; NaOCl (G1)  $12.538 \pm 0.023$ , quitosano (G2)  $11.793 \pm 0.035$ , quitosano/L-Arginina (G3)  $11.883 \pm 0.148$ , quitosano/N-Ureidocarbazol 2.5 (G4)  $11.747 \pm 0.030$  y quitosano/L-Arginina/N- Ureidocarbazol 2.5 (G5)  $11.778 \pm 0.028$ , con un p valor de <0.001. Aunque en la prueba estadística ANOVA estadísticamente hay una diferencia significativa, el pH reportado de los irrigantes en este estudio, posiblemente puede con el efecto de disolución de tejidos. Los grupos de G2 a G5 tuvieron valores de pH menores a G1, pero comparando los grupos de G2 a G5, grupo G3 (Quitosano/L-Arginina) fue el grupo con el pH más elevado, ya que la L-Arginina en su estado orgánico cuenta con un pH entre 11-11.4 a 20° C (42). Para obtener una respuesta precisa sobre el pH del N-ureidocarbazol sintetizado en condiciones específicas, se requeriría información detallada sobre la síntesis y las propiedades del compuesto en cuestión, así como mediciones experimentales del pH en las condiciones de interés. Yadav *et al.*, y Krzan *et al.*, realizaron formulaciones a base de Quitosano a un pH de 3.2 y 3.4, en este proyecto de investigación se ajustó el pH agregando 50 uL de NaOH (15,40).

Los irrigantes endodónticos son soluciones utilizadas durante el tratamiento de endodoncia para limpieza y desinfección del sistema de conductos, siendo el NaOCl el principal de ellos, ya que cuenta con la mayoría de las características ideales reportadas. Los valores pH y tensión superficial de este trabajo son mayores en comparación con lo reportado en la literatura, mientras que la viscosidad es

ligeramente menor. La viscosidad y la tensión superficial pueden verse afectados por algunos parámetros como, la técnica de medición, el acondicionamiento, la temperatura y la marca del irrigante, ya que algunos cuentan con diferentes tensoactivos.

La interacción entre el Quitosano y la L-Arginina puede depender del pH del medio, teniendo varios efectos en su eficacia y propiedades, como la actividad antimicrobiana, compatibilidad con tejidos, capacidad de disolución (43).

El N-Ureidocarbazol es un compuesto que se ha investigado por sus propiedades antimicrobianas y antioxidantes con diversas aplicaciones biomédicas (24). Combinar quitosano, L-Arginina y N-Ureidocarbazol podrían tener varios efectos potenciales: Mejora de la estabilidad del irrigante y la actividad antibacteriana/antioxidante, modulación de liberación de fármacos y potenciación de las propiedades bioactivas. Sin embargo, es importante realizar estudios adicionales para comprender completamente el impacto de esta combinación, como interactúan, su potencial en aplicaciones específicas, y como afectan en el resultado del tratamiento endodóntico.

Los alcances de este estudio en términos de viscosidad, pH y tensión superficial se necesita investigar más el comportamiento físico químico de los irrigantes formulados en el sistema de conductos radiculares de manera *ex vivo*, y complementar el estudio de tensión superficial con el estudio de ángulo de contacto. Así mismo se necesita hacer estudios de HPLC de los diferentes tensoactivos presentes en los irrigantes endodónticos, ya que estos afectan en la tensión superficial y viscosidad. Por otro lado, es necesario evaluar la actividad antimicrobiana y biocompatibilidad, penetrabilidad en túbulos dentinarios y humectabilidad en la pared de la dentina radicular de los irrigantes formulados en este estudio.

## **22 CONCLUSIÓN**

Con base en los resultados obtenidos en este trabajo se puede concluir que los valores de viscosidad, tensión superficial y pH de los irrigantes a base de Quitosano, Quitosano-L-Arginina y Quitosano-N-Ureidocarbazol son diferentes al NaOCl.

La combinación de quitosano, L-Arginina, N-Ureidocarbazol presenta propiedades fisicoquímicas que pueden mejorarse y ser considerado como una propuesta de irrigante endodóntico. Se necesitan más pruebas para observa la interacción física con el sistema de conductos radicular, estudiar el comportamiento de la penetrabilidad, la humectación en el sistema de conductos radiculares, actividad antimicrobiana y estudios de citotoxicidad.

## **23 ANALISIS DE DATOS**

Para variables cuantitativas se utilizaron medidas de tendencia central, dispersión de posición y de forma, destacando la asimetría y la curtosis dentro del rango de 2 a +2, para posteriormente corroborarlas mediante las pruebas de normalidad Shapiro Wilk. Para comparar las medias se utilizó la prueba Anova de 1 factor. Para determinar la diferencia entre los grupos se utilizó la prueba Anova post hoc Tukey.

### **23.1 Recursos financieros**

La tesis estuvo considerada dentro de la estancia como alumno de posgrado del programa de endodoncia de la FE-BUAP.

Los recursos financieros fueron proporcionados por la beca CONACYT y por el investigador.

### **23.2 BIOÉTICA.**

Al terminar el estudio las soluciones irrigantes y el NaOCl serán almacenadas para posteriormente ser incinerados, como lo marca la NOM-087-ECOL-SSA1-2002.

## 24 ANEXOS

### 24.1 Solicitud de capacitación para estandarización de tensión superficial



Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

5 de marzo 2024

Dr. Jesús Gracla Fadrique

Laboratorio de Superficies, Facultad de Química, UNAM.

Asunto: Solicitud de capacitación en prueba de tensión superficial.

Por medio de la presente, solicito de la manera más amable la capacitación de las alumnas Tania García Sánchez con matrícula 222450001 y Giovana Soto Rivadeneyra con matrícula 224450004, ambas alumnas del posgrado de endodoncia de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, para realizar pruebas de tensión superficial del proyecto de tesis titulado FORMULACIÓN DE UN IRRIGANTE ENDODÓNTICO A BASE DE QUITOSANO/L-ARGININA/N-UREIDO CARBAZOL CON POTENCIAL ACTIVIDAD ANTIBACTERIANA con no. de registro CIFE 2023226 los días 19 y 20 de Marzo del presente año en el Laboratorio de Superficies de la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México. Sin más por el momento agradezco su atención.

**ATENTAMENTE**

**"Pensar bien para vivir mejor"**

H. Puebla de Z. Marzo del 2024

**C.D.E.E. Alejandro Gerardo Martínez  
Guerrero**

Coordinador de la Terminal de Endodoncia



**D.C. Alberto Vinicio Jerezano  
Dominguez**

Responsable de tesis

A blue ink signature of Alberto Vinicio Jerezano Dominguez, written over a circular stamp of the Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Endodoncia.

## 24.2 Constancia de capacitación.



**Laboratorio de Superficies,  
Facultad de Química, UNAM**

**22 de abril del 2024**

**Asunto: Constancia de capacitación**

**C.D.E.E. Alejandro Gerardo Martínez Guerrero**

Coordinador de la Terminal de Endodoncia

**D.C. Alberto Vinicio Jerezano Domínguez**

Responsable de tesis

Por medio de la presente se hace constar que las alumnas Tania García Sánchez con matrícula 222450001 y Giovana Soto Rivadeneyra con matrícula 224450004 de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla fueron capacitadas en el Laboratorio de Superficies de la Facultad de Química UNAM por el Dr. Jesús Gracia Fadrique, Dr. Arturo Antonio García Figueroa y el Dr. José Luis López Cervantes en las pruebas de tensión superficial para su proyecto de tesis FORMULACIÓN DE UN IRRIGANTE ENDODÓNTICO A BASE DE QUITOSANO/L-ARGININA/N-UREIDO CARBAZOL CON POTENCIAL ACTIVIDAD ANTIBACTERIANA los días 19 y 20 de Marzo del presente año.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "J. Gracia", written over a horizontal line.

Dr. Jesús Gracia Fadrique

Profesor e Investigador de Carrera Titular

Responsable del Laboratorio de Superficies

Facultad de Química, UNAM

24.3 Tabla de promedios y desviación estándar de viscosidad, tensión superficial y pH.

NaOCl		
Tiempo de caída (seg)	v (cinemática)	n (dinámica)
8.540	0.0123403	0.013
8.160	0.0117912	0.013
8.540	0.0123403	0.013
8.220	0.0118779	0.013
8.530	0.0123259	0.013
8.580	0.0123981	0.013
8.660	0.0125137	0.013
8.590	0.0124126	0.013
8.800	0.0127160	0.014
8.340	0.0120513	0.013
<b>Media</b>	0.0122767	0.013
<b>±</b>	0.0002864	0.000

Quitosano			
Tiempo de caída (seg.)	v (cinemática)	n (dinámica)	n-rel (relativa)
6.590	0.010	0.010	0.772
6.790	0.010	0.010	0.832
6.170	0.009	0.009	0.722
6.710	0.010	0.010	0.816
6.430	0.009	0.009	0.754
6.700	0.010	0.010	0.781
6.360	0.009	0.009	0.734
6.480	0.009	0.009	0.754
6.440	0.009	0.009	0.732
6.630	0.010	0.010	0.795
<b>Media</b>	0.009	0.009	0.769
<b>±</b>	0.000	0.000	0.037

Quitosano/L-Arginina			
Tiempo de caída (seg.)	v (cinemática)	n (dinámica)	n-rel (relativa)
6.110	0.0088290	0.009	0.715
6.510	0.0094070	0.009	0.798
6.660	0.0096237	0.010	0.780
6.840	0.0098838	0.010	0.832
6.780	0.0097971	0.010	0.795
6.630	0.0095804	0.010	0.773
6.500	0.0093925	0.009	0.751
6.480	0.0093636	0.009	0.754
6.670	0.0096382	0.010	0.758
6.510	0.0094070	0.009	0.781
<b>Media</b>	0.0094922	0.009	0.774
<b>±</b>	0.0002932	0.000	0.032

Quitosano/N-Ureido Carbazol 2.5			
Tiempo de caída	v (cinemática)	n (dinámica)	n-rel (relativa)
6.430	0.0092914	0.009	0.753
6.280	0.0090746	0.009	0.770
6.280	0.0090746	0.009	0.735
6.440	0.0093058	0.009	0.783
6.690	0.0096671	0.010	0.784
6.420	0.0092769	0.009	0.748
6.630	0.0095804	0.010	0.766
6.710	0.0096960	0.010	0.781
6.710	0.0096960	0.010	0.763
6.580	0.0095081	0.010	0.789
<b>Promedio</b>	0.0094171	0.009	0.767
<b>±</b>	0.0002439	0.000	0.018

Quitosano/L-Arginina/N-Ureido Carbazol 1.5			
Tiempo de caída	v (cinemática)	n (dinámica)	n-rel (relativa)
6.380	0.0092191	0.009	0.747
6.510	0.0094070	0.009	0.798
6.050	0.0087423	0.009	0.708
6.240	0.0090168	0.009	0.759
6.500	0.0093925	0.009	0.762
6.160	0.0089012	0.009	0.718
6.030	0.0087134	0.009	0.696
6.230	0.0090024	0.009	0.725
6.110	0.0088290	0.009	0.694
6.740	0.0097393	0.010	0.808
<b>Promedio</b>	0.0090963	0.009	0.742
<b>±</b>	0.0003349	0.000	0.040

Quitosano/L-Arginina/N-Ureido Carbazol 2.5			
Tiempo de caída (seg.)	v (cinemática)	n (dinámica)	n-rel (relativa)
6.290	0.0090891	0.009	0.737
6.110	0.0088290	0.008	0.749
6.290	0.0090891	0.009	0.737
6.100	0.0088145	0.008	0.742
6.350	0.0091758	0.009	0.744
6.500	0.0093925	0.009	0.758
6.030	0.0087134	0.008	0.696
6.330	0.0091469	0.009	0.737
6.290	0.0090891	0.009	0.715
6.420	0.0092769	0.009	0.770
<b>Media</b>	0.0090616	0.009	0.738
<b>±</b>	0.0002147	0.000	0.021

## 24.4 Cálculo de medición de densidad por picnometría

Peso de picnómetro vacío 9.141 gr.

Peso de picnómetro con agua destilada en gr.			
18.909	9.141	9.768	/1 g/cm <sup>3</sup>
18.901	9.141	9.760	
18.887	9.141	9.746	
	<b>Vol. Pic. Promedio</b>	<b>9.758</b>	<b>g/cm<sup>3</sup></b>

Peso de picnómetro de NaOCl 5.25 % en gr.			
19.591	9.141	10.450	1.071
19.591	9.141	10.450	1.071
19.585	9.141	10.444	1.070
	<b>Vol. Pic. promedio</b>	<b>1.071</b>	<b>g/cm<sup>3</sup></b>

Peso de picnómetro de Quitosano			
18.932	9.141	9.791	1.003
18.896	9.141	9.755	1.000
18.894	9.141	9.753	0.999
	<b>Vol. Pic. Promedio</b>	<b>1.001</b>	<b>g/cm<sup>3</sup></b>

Peso picnómetro de Quitosano/L. Arginina			
18.880	9.141	9.739	0.998
18.902	9.141	9.761	1.000
18.919	9.141	9.778	1.002
	<b>Vol. Pic. Promedio</b>	<b>1.000</b>	<b>g/cm<sup>3</sup></b>

Peso picnómetro Quitosano/ Ur. Carbazol 2.5 mg			
18.918	9.141	9.777	1.002
18.917	9.141	9.776	1.002
18.892	9.141	9.751	0.999
	<b>Vol. Pic. Promedio</b>	<b>1.001</b>	<b>g/cm<sup>3</sup></b>

Peso picnómetro de Quitosano/L. Arginina/ Ur. Carbazol 2.5 mg			
18.384	9.141	9.243	0.947
18.386	9.141	9.245	0.947
18.395	9.141	9.254	0.948
	<b>Vol. Pic. Promedio</b>	<b>0.948</b>	<b>g/cm<sup>3</sup></b>

<b>Peso picnómetro de Quitosano/L. Arginina/Ur. Carbazol 1.5 mg</b>			
18.861	9.141	9.720	0.996
18.913	9.141	9.772	1.001
18.900	9.141	9.759	1.000
	<b>Vol. Pic. Promedio</b>	<b>0.999</b>	<b>g/cm<sup>3</sup></b>

## 24.5 Promedios generales y desviación estándar de grupos experimentales

<b>Irrigante</b>	<b><math>(\nu) \text{ cm}^2\text{s}^{-1}</math></b>	<b><math>(\eta) (\text{g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{s}^{-1})</math></b>	<b>Relativa <math>(\eta_{rel})</math></b>	<b>Específica <math>(\eta_{sp})</math></b>	<b>Inherente <math>(\eta_{inh})</math></b>	<b>Reducido <math>(\eta_{red})</math></b>
<b>G1</b>	0.01227672 ± 0.00028	0.013144822± 0.00030669				
<b>G2</b>	0.00943585 ± 0.000273152	0.00944391± 0.00027339	0.769280945 ± 0.036862236	-0.230719055± 0.036862236	-1535137.696± 277314.4275	-1345065.326 ± 214902.5592
<b>G3</b>	0.009492205 ± 0.00029318	0.009493502± 0.00029322	0.773626907± 0.031753928	-0.226373093± 0.031753928	-1500758.299± 239662.2895	-1319728.872± 185121.7158
<b>G4</b>	0.009417065± 0.000243901	0.009426716± 0.000244151	0.767209432± 0.017736866	-0.232790568± 0.017736866	-1546304.193± 135446.1093	-1357142.006± 103403.8723
<b>G5</b>	0.009096275± 0.000334906	0.009089128± 0.000334642	0.741642529± 0.04021432	-0.258357471± 0.04021432	-1750103.807± 313316.1909	-1506194.083± 234444.8206
<b>G6</b>	0.009061595± 0.000214701	0.008587373± 0.000203465	0.738370718± 0.020682155	-0.261629282± 0.020682155	-1770341.604± 164825.9396	-1525268.358± 120574.5654

**Tabla 2** Promedio de viscosidad, tensión superficial y pH de NaOCl e irrigantes a base de Quitosano.

\*Todas las medidas de viscosidad fueron realizadas a una temperatura de 22 °C. (n=10). Para sacar promedio de la viscosidad dinámica, se tuvo que realizar un cálculo de densidad del fluido “p”, los resultados se pueden observar en el anexo 24.4.

## 24.6 Análisis descriptivo

### Estadísticos descriptivos de viscosidad cinemática

	N Estadístico	Rango Estadístico	Mínimo Estadístico	Máximo Estadístico	Suma Estadístico	Media Estadístico	Desv. Error
G1	10	.0009248	.0117912	.0127160	.1227673	.012276730	.0000905801
G2	10	.0010000	.0090000	.0100000	.0950000	.009500000	.0001666667
G3	10	.0010548	.0088290	.0098838	.0949223	.009492230	.0000927082
G4	10	.0006214	.0090746	.0096960	.0941709	.009417090	.0000771344
G5	10	.0006791	.0087134	.0093925	.0906163	.009061630	.0000678921
N válido (por lista)	10						

### Continuación estadísticos descriptivos de viscosidad cinemática

	Desv. Desviación Estadístico	Varianza Estadístico	Asimetría		Curtosis	
			Estadístico	Desv. Error	Estadístico	Desv. Error
G1	.0002864394	.000	-510	.687	-.305	1.334
G2	.0005270463	.000	.000	.687	-2.571	1.334
G3	.0002931690	.000	-1.112	.687	2.365	1.334
G4	.0002439205	.000	-.214	.687	-1.559	1.334
G5	.0002146935	.000	-.302	.687	-.670	1.334
N válido (por lista)						

### Estadísticos descriptivos de viscosidad dinámica

	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media		Desv. Desviación
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Desv. Error	Estadístico
G1	10	.0010000	.0130000	.0140000	.013100000	.0001000000	.0003162278
G2	10	.0010000	.0090000	.0100000	.009500000	.0001666667	.0005270463
G3	10	.0010000	.0090000	.0100000	.009500000	.0001666667	.0005270463
G4	10	.0010000	.0090000	.0100000	.009500000	.0001666667	.0005270463
G5	10	.0010000	.0080000	.0090000	.008700000	.0001527525	.0004830459
N válido (por lista)	10						

### Continuación estadísticos descriptivos de viscosidad dinámica

	Varianza	Asimetría		Curtosis	
	Estadístico	Estadístico	Desv. Error	Estadístico	Desv. Error
G1	.000	3.162	.687	10.000	1.334
G2	.000	.000	.687	-2.571	1.334
G3	.000	.000	.687	-2.571	1.334
G4	.000	.000	.687	-2.571	1.334
G5	.000	-1.035	.687	-1.224	1.334
N válido (por lista)					

### Estadísticos descriptivos de viscosidad relativa

	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media		Desv. Desviación
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Desv. Error	Estadístico
G2	10	.1096254	.7224824	.8321078	.769280940	.0116568602	.0368622285
G3	10	.1166601	.7154567	.8321168	.773626900	.0100414721	.0317539229
G4	10	.0536058	.7353630	.7889688	.767209420	.0056088902	.0177368681
G5	10	.0734794	.6963048	.7697842	.738370730	.0065402788	.0206821776
N válido (por lista)	10						

### Continuación estadísticos descriptivos de viscosidad relativa

	Varianza	Asimetría		Curtosis	
	Estadístico	Estadístico	Desv. Error	Estadístico	Desv. Error
G2	.001	.460	.687	-.879	1.334
G3	.001	.018	.687	.852	1.334
G4	.000	-.494	.687	-.774	1.334
G5	.000	-.755	.687	1.105	1.334
N válido (por lista)					

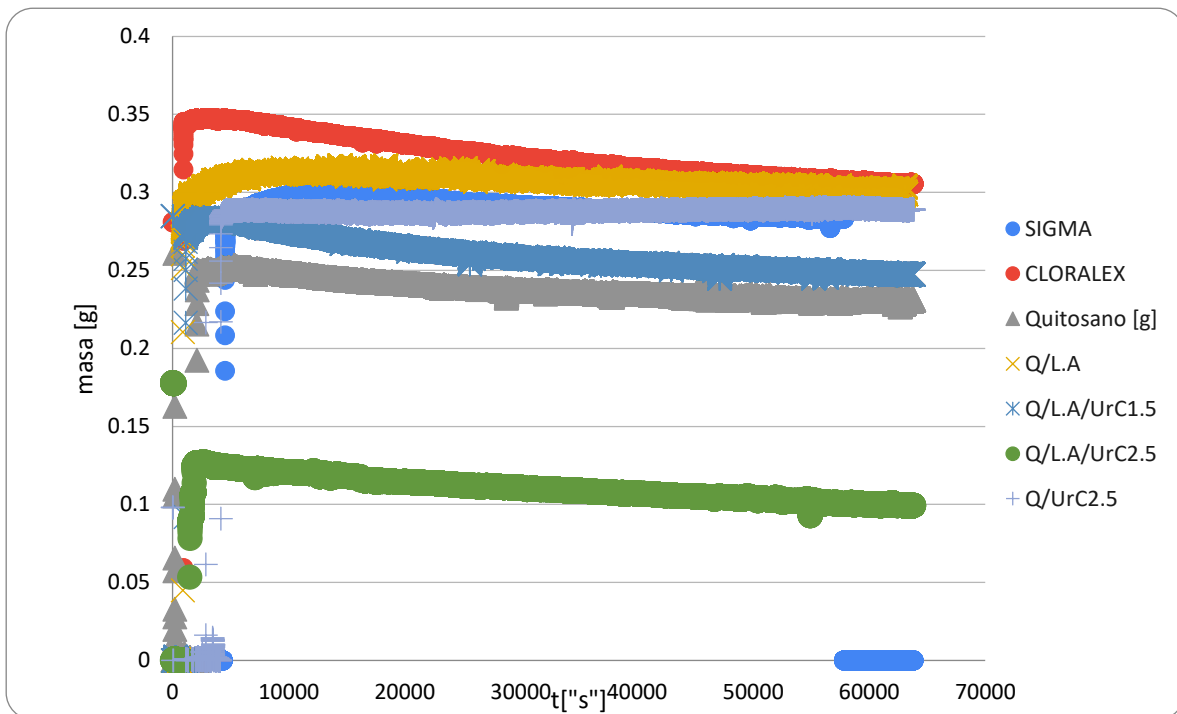
### Estadísticos descriptivos de pH

	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media		Desv. Desviación
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Desv. Error	Estadístico
G1	10	.070	12.500	12.570	12.53800	.007424	.023476
G2	10	.130	11.700	11.830	11.79300	.010960	.034657
G3	10	.500	11.470	11.970	11.88300	.046787	.147953
G4	10	.080	11.700	11.780	11.74700	.009434	.029833
G5	10	.090	11.720	11.810	11.77800	.008794	.027809
N válido (por lista)	10						

**Continuación estadísticos descriptivos de pH**

	Varianza	Asimetría		Curtosis	
	Estadístico	Estadístico	Desv. Error	Estadístico	Desv. Error
G1	.001	-.023	.687	-.715	1.334
G2	.001	-2.478	.687	7.288	1.334
G3	.022	-2.941	.687	8.976	1.334
G4	.001	-.798	.687	-.938	1.334
G5	.001	-1.293	.687	1.052	1.334
N válido (por lista)					

## 24.7 Datos de la cinética de la tensión superficial de los irrigantes



## 24.8 Prueba piloto de técnica de ángulo de contacto

Tensiómetro de gota pendiente Theta LYTE, marca Attension.

1. La fuente de luz se activa, se cargó la solución de jeringa con 1 ml de solución de NaOCl.
2. Se colocó el diente en la celda.
3. Se calibró la cánula a 0.721 mm.
4. Se calibró la imagen proyectada a pixeles.
5. Se visualizó en la pantalla la cánula y la superficie.
6. Se creó una gota aproximadamente de 0.5  $\mu$ L y se acercó la cánula con la gota hacia la superficie, dejando la gota sobre la superficie para que inmediatamente el programa detectara un ángulo de contacto.

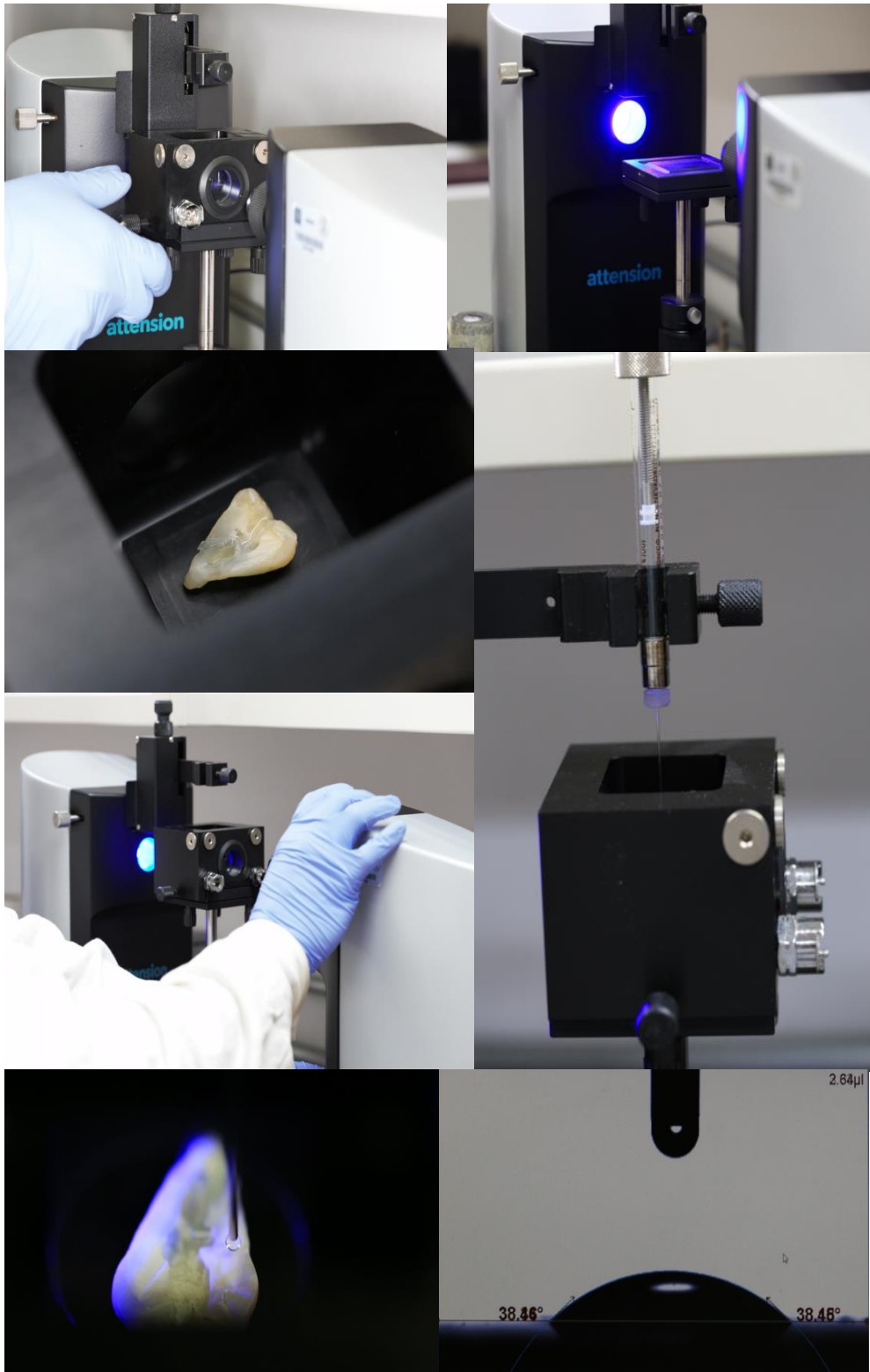


Imagen 15 Técnica de ángulo de contacto.

## 24.9 Síntesis de Carbazol

Se pesaron 0.5 gr de Carbazol y 0.46 gr de 4-clorofenilisocianato para disolverlos en 3 ml de acetonitrilo. La reacción se puso en un sistema de reflujo a 95°C durante 24 horas. Se reveló la reacción de la cromatografía en la placa fina en donde se compararon 3 compuestos, Carbazol, un punto mixto (carbazol+reacción) y la reacción. Se corrió en un medio hexano y acetato de etilo 8:2.

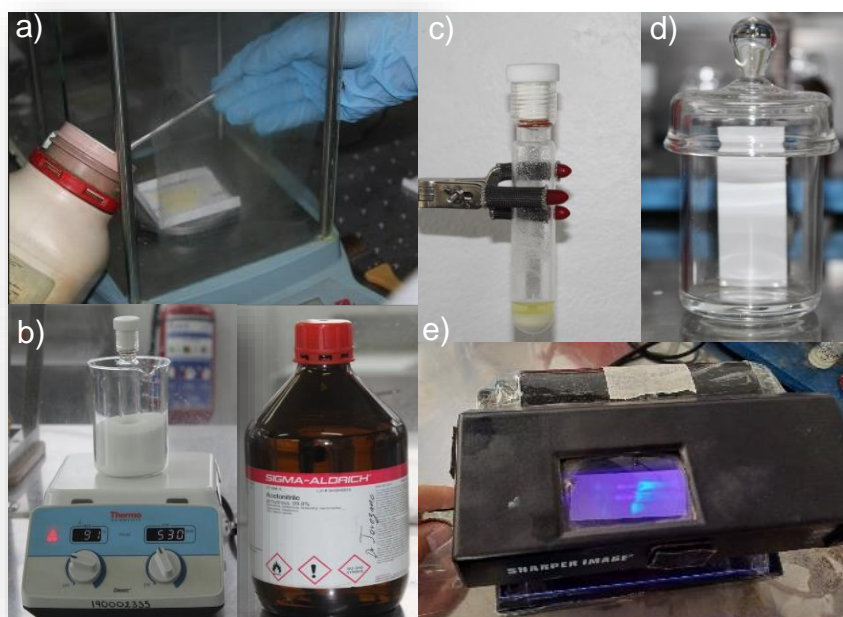


Imagen 16 Síntesis del Carbazol.

## 24.10 Espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier- Reflectancia total atenuada (FTIR-ATR)

Los espectros de FT-IR de los compuestos sintetizados se obtuvieron por la técnica de ATR por medio del uso del espectrofotómetro FTIR-ATR Perkin-Elmer (spectrum 2000) en el rango de  $400 - 4000 \text{ cm}^{-1}$  para observar los grupos funcionales y enlaces químicos presentes ya que cada uno representa absorciones características a diferentes longitudes de onda. Para el Infrarrojo Transformado de Fourier los espectros de las muestras materiales se obtuvieron con 32 barridos en el intervalo entre  $400$  a  $4000 \text{ cm}^{-1}$ , con una resolución de  $4 \text{ cm}^{-1}$ . Los espectros se obtuvieron utilizando el ATR (reflectancia total atenuada) (Bruker, modelo Vertex 70).

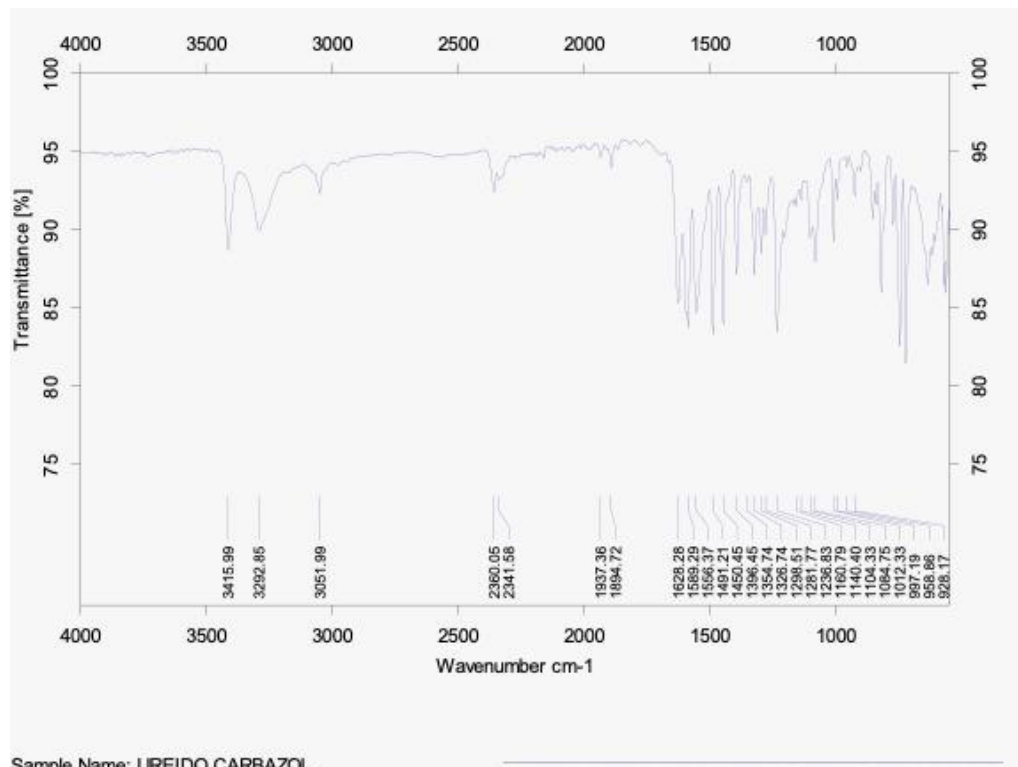


Imagen 17 FTIR N-Ureidocarbazol

## 25 BIBLIOGRAFÍA

1. Rosalin Hongsathavij1 , Yosvimol Kuphasuk1 KR. Effectiveness of platelet-rich fibrin in the management of pain and delayed wound healing. *Eur J Dent.* 2017;11(4):192–5.
2. Haapasalo M, Shen Y, Qian W, Gao Y. Irrigation in Endodontics. *Dent Clin North Am.* 2010;54(2):291–312.
3. Poggio C, Ceci M, Beltrami R, Colombo M, Dagna A. Viscosity of endodontic irrigants: Influence of temperature. *Dent Res J (Isfahan).* 2015;12(5):425–30.
4. Velázquez MM. Physicochemical Analysis of Dental and Household Hypochlorites. *J Dent Oral Sci.* 2021;3(3):1–11.
5. PI C, MI N, Pa R. Medición de pH en la Combinación de Irrigantes en la Terapéutica Endodóntica PH Measurement in Irrigant Combination in Endodontic Therapeutics. 2020;55–9.
6. Gao H, Wu N, Wang N, Li J, Sun J, Peng Q. Chitosan-based therapeutic systems and their potentials in treatment of oral diseases. *Int J Biol Macromol.* 2022;222(July):3178–94.
7. Kolderman E, Bettampadi D, Samarian D, Dowd SE, Foxman B, Jakubovics NS, et al. L-arginine destabilizes oral multi-species biofilm communities developed in human saliva. *PLoS One.* 2015;10(5):1–18.
8. Herrera-Guardiola S, Valencia ME. Andamios de quitosano con L-Arginina para su aplicación en salud dental. *Rev Nac Odontol.* 2021;17(2):1–21.
9. Vidas J, Snjaric D, Braut A, Carija Z, Persic Bukmir R, De Moor RJG, et al. Comparison of apical irrigant solution extrusion among conventional and laser-activated endodontic irrigation. *Lasers Med Sci.* 2020;35(1):205–11.
10. Bettina B, Gevik M. Update of Endodontic Irrigating Solutions. *Endod Irrig Chem Disinfect Root Canal Syst.* 2015;99–115.
11. Zehnder M. Root Canal Irrigants. *J Endod.* 2006;32(5):389–98.
12. Haapasalo M, Shen Y, Wang Z, Gao Y. Irrigation in endodontics. *Br Dent J.* 2014;216(6):299–303.
13. Marin Botero M, Gómez B, Cruz Lopez S. 0213-1285-Odonto-35-1-33. *Av en Odontoestomatol .* 2019;35(1):33–42.

14. Haapasalo M, Qian WEI, Shen YA. Irrigation Beyond the Smear Layer. Pdf. *Endod Top.* 2013;(i):35–53.
15. Yadav P, Chaudhary S, Saxena RK, Talwar S, Yadav S. Evaluation of antimicrobial and antifungal efficacy of chitosan as endodontic irrigant against *Enterococcus Faecalis* and *Candida albicans* biofilm formed on tooth substrate. *J Clin Exp Dent.* 2017;9(3):e361–7.
16. Jaiswal N, Sinha DJ, Singh UP, Singh K, Jandial UA, Goel S. Evaluation of antibacterial efficacy of Chitosan, Chlorhexidine, Propolis and Sodium hypochlorite on *Enterococcus faecalis* biofilm: An in vitro study. *J Clin Exp Dent.* 2017;9(9):e1066–74.
17. Silva P V., Guedes DFC, Nakadi F V., Pécora JD, Cruz-Filho AM. Chitosan: A new solution for removal of smear layer after root canal instrumentation. *Int Endod J.* 2013;46(4):332–8.
18. Parolia A, Kumar H, Ramamurthy S, Davamani F, Pau A. Effectiveness of chitosan-propolis nanoparticle against *Enterococcus faecalis* biofilms in the root canal. *BMC Oral Health [Internet].* 2020;20(1). Available from: <https://doi.org/10.1186/s12903-020-01330-0>
19. Arias-Andrade YV, Veloza LA, Sepúlveda-Arias JC. Nanocompuestos de quitosano aplicados al campo de la medicina regenerativa. Una revisión sistemática. *Sci Tech.* 2020;25(4):604–15.
20. Wu G, Bazer FW, Davis TA, Kim SW, Li P, Marc Rhoads J, et al. Arginine metabolism and nutrition in growth, health and disease. *Amino Acids.* 2009;37(1):153–68.
21. González Cardona Y, Granda García L, Pancho Chavarrea T, Paredes Balseca J. Efecto simbiótico de la L-arginina más *Lactobacillus rhamnosus* GG sobre el crecimiento *Streptococcus mutans* cariogénico en personas con desgaste dental por el consumo de gaseosas. *Boletín Malariol y Salud Ambient.* 2022;62(3):498–507.
22. Pérez-Neri I. Casi todo sobre el óxido nítrico. *Arch Neurociencias.* 2015;20(4):271–80.
23. Márquez M, Quintero A, Sanz A, Ramírez V, Inostroza C, Chaparro A. Efecto de la arginina 8%-carbonato de calcio y del fluoruro de sodio al 5% en la

- reducción de la hipersensibilidad dentinaria post terapia periodontal: ensayo clínico. *Rev clínica periodoncia, Implantol y Rehabil oral*. 2011;4(1):22–5.
24. Vlad IM, Nuță DC, Ancuceanu RV, Costea T, Coanda M, Popa M, et al. Insights into the Microbicidal, Antibiofilm, Antioxidant and Toxicity Profile of New O-Aryl-Carbamoyl-Oxymino-Fluorene Derivatives. *Int J Mol Sci*. 2023;24(8).
  25. Khan KA, Faidallah HM. 1-Substituted carbamoyl and thiocarbamoyl-4,5-dihydro-1H-pyrazoles as possible cytotoxic and antimicrobial agents. *J Enzyme Inhib Med Chem*. 2016;31(4):619–27.
  26. Fava LRG, Saunders WP. Calcium hydroxide pastes: Classification and clinical indications. *Int Endod J*. 1999;32(4):257–82.
  27. Özçelik B, Taşman F, Oğan C. A comparison of the surface tension of calcium hydroxide mixed with different vehicles. *J Endod*. 2000;26(9):500–2.
  28. Aldoski MRN, Selivany BJ, Sulaiman T. Bromelain-based endodontic irrigant: preparation, properties, and biocompatibility: An in-vitro study. *Aust Endod J*. 2022;(March):1–10.
  29. Zheng X, He J, Wang L, Zhou S, Peng X, Huang S, et al. Ecological Effect of Arginine on Oral Microbiota. *Sci Rep [Internet]*. 2017;7(1):1–10. Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-017-07042-w>
  30. Supotngarmkul A, Panichuttra A, Ratisoontorn C, Nawachinda M. Antibacterial property of chitosan against *E . faecalis* standard strain and clinical isolates. 2020;
  31. Sámano-Valencia C, Martínez-Castanon GA, Martínez-Martínez RE, Loyola-Rodríguez JP, Reyes-Macías JF, Ortega-Zarzosa G, et al. Bactericide efficiency of a combination of chitosan gel with silver nanoparticles. *Mater Lett [Internet]*. 2013;106:413–6. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.matlet.2013.05.075>
  32. Haapasalo M, Shen Y, Qian W, Gao Y. Irrigation in Endodontics. *Dent Clin North Am [Internet]*. 2010;54(2):291–312. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cden.2009.12.001>
  33. Bukiet F, Soler T, Guivarch M, Camps J, Tassery H, Cuisinier F, et al. Factors affecting the viscosity of sodium hypochlorite and their effect on irrigant flow.

- Int Endod J. 2013;46(10):954–61.
34. Gopikrishna V, Ashok P, Pradeep Kumar A, Lakshmi L. Influence of temperature and concentration on the dynamic viscosity of sodium hypochlorite in comparison with 17% EDTA and 2% chlorhexidine gluconate: An in vitro study. *J Conserv Dent*. 2014;17(1):57–60.
  35. Peers S, Montembault A, Ladavière C. Chitosan hydrogels for sustained drug delivery. *J Control Release* [Internet]. 2020;326:150–63. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jconrel.2020.06.012>
  36. Costa CN, Teixeira VG, Delpech MC, Souza JVS, Costa MAS. Viscometric study of chitosan solutions in acetic acid/sodium acetate and acetic acid/sodium chloride. *Carbohydr Polym* [Internet]. 2015;133:245–50. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.06.094>
  37. Palazzi F, Morra M, Mohammadi Z, Grandini S, Giardino L. Comparison of the surface tension of 5.25% sodium hypochlorite solution with three new sodium hypochlorite-based endodontic irrigants. *Int Endod J*. 2012;45(2):129–35.
  38. Abou-Rass M, Patonai FJ. The effects of decreasing surface tension on the flow of irrigating solutions in narrow root canals. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol*. 1982;53(5):524–6.
  39. Gulabivala K, Ng YL, Gilbertson M, Eames I. The fluid mechanics of root canal irrigation. *Physiol Meas*. 2010;31(12).
  40. Krzan M, Garc N, Jarek E, Czakaj A, Santini E, Ravera F, et al. Surface Properties of Saponin — Chitosan Mixtures. 2022;
  41. Rossi-Fedele G, Guastalli AR, Dođramaci EJ, Steier L, de Figueiredo JAP. Influence of pH changes on chlorine-containing endodontic irrigating solutions. *Int Endod J*. 2011;44(9):792–9.
  42. Armacell. Ficha de datos de seguridad Ficha de datos de seguridad. Carl Roth [Internet]. 2010;2(1907):2–7. Available from: [https://hybris-static-assets-production.s3-eu-west-1.amazonaws.com/sys-master/pdfs/h96/hc3/9673630253086/EN\\_ST-WB-MSDS-2601489-1-1-1.PDF](https://hybris-static-assets-production.s3-eu-west-1.amazonaws.com/sys-master/pdfs/h96/hc3/9673630253086/EN_ST-WB-MSDS-2601489-1-1-1.PDF)
  43. Du Z, Liu J, Zhang H, Chen Y, Wu X, Zhang Y, et al. L-Arginine/l-lysine functionalized chitosan-casein core-shell and pH-responsive nanoparticles:

Fabrication, characterization and bioavailability enhancement of hydrophobic and hydrophilic bioactive compounds. *Food Funct.* 2020;11(5):4638–47.