

CIRUJANO DENTISTA BIANCA  
JIMENA LOZANO QUEZADA

2016 Evaluación del desgaste de limas endodónticas de Níquel Titanio utilizando Microdacyn 60®  
versus NaOCl al 5.25 % para la desinfección por medio de pérdida de masa



# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

## FACULTAD DE MEDICINA

Evaluación del desgaste de limas endodónticas de Níquel Titanio utilizando  
Microdacyn 60® versus NaOCl al 5.25% para la desinfección por medio de pérdida  
de masa.

### TESIS

QUE COMO PARTE DE LOS REQUISITOS PARA OBTENER EL  
TÍTULO DE LA

ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA

PRESENTA:

C.D. BIANCA JIMENA LOZANO QUEZADA

SANTIAGO DE QUERÉTARO, QRO. 2016



Universidad Autónoma de Querétaro  
Facultad de Medicina  
Especialidad en Endodoncia

Evaluación del desgaste de limas endodónticas de Níquel Titanio utilizando Microdacyn 60 © versus NaOCl al 5.25% para la desinfección por medio de pérdida de masa.

**TESIS**

Que como parte de los requisitos para obtener el Título de la Especialidad en Endodoncia

**Presenta:**

C.D. Bianca Jimena Lozano Quezada

**Dirigido por:**

E.E M.O. Santiago Andaracua García

**SINODALES**

E.E M.O. Santiago Andaracua García  
Presidente

C.D.E.E. Roberto Sánchez Lara y Tajonar  
Secretario

C.D.E.E. María Yolanda López Gómez  
Vocal

C.D.E.E Luciano Tinajero Bueno  
Suplente

C.D.E.E. Ariatna Vázquez Aguilar  
Suplente

Dr. Javier Ávila Morales  
Director de la Facultad de Medicina

Dra. Ma. Guadalupe Flavia Loarca Piña  
Directora de Investigación y Posgrado

Centro Universitario  
Querétaro, Qro.  
Octubre, 2016  
México.

## RESUMEN

Limpiar y conformar el sistema de conductos radiculares es una parte extremadamente importante durante el tratamiento de Endodoncia, los instrumentos de Níquel Titanio ofrecen mayor flexibilidad, siendo esta superelasticidad con la que cuentan lo que permite mejorar la conformación y evitar transportaciones de la trayectoria original del conducto radicular; Sin embargo, fracturas de limas dentro del conducto radicular son aún comunes con instrumentos de Níquel Titanio, comprometiendo de manera significativa el tratamiento de Endodoncia. Sattapan y col. reportan una frecuencia del 21% en la incidencia de fracturas dentro del conducto radicular, es por eso que el estudio de los mecanismos de separación de las limas es muy importante para lograr disminuir las probabilidades de que esto ocurra. El objetivo general de esta investigación fue determinar el desgaste por pérdida de masa en limas endodónticas de Níquel Titanio utilizando Microdacyn 60® versus NaOCl al 5.25% para su desinfección. Este estudio fue de tipo observacional y comparativo; llevándose a cabo mediante una muestra de 10 limas endodónticas de Níquel Titanio: 2 limas SM3 TF Adaptive® nuevas, 2 limas SM3 TF Adaptive® con 2 usos en molares, 2 limas SM3 TF Adaptive® con 4 usos en molares, 2 limas K3XF® nuevas, 1 lima Hyflex® nueva y 1 lima White® nueva. Para determinar su masa inicial, se realizó el pesaje de cada lima en el Laboratorio Q-20 con la Microbalanza Mettler XP6 en el Centro Nacional de Metrología, y se observaron bajo Microscopio Electrónico de Barrido antes y después de la exposición a las sustancias desinfectantes. Se comprobó la hipótesis nula al no haber diferencia en el desgaste por la pérdida de masa de limas Ni-Ti al utilizar Microdacyn 60® e NaOCl al 5.25% para su desinfección. Sin embargo, bajo el SEM se observaron los inicios de cambios en la estructura de las limas, comprobando que el NaOCl al 5.25% tiene mayor efecto corrosivo que el Microdacyn 60® durante la fase de desinfección.

(PALABRAS CLAVE: Fractura de limas endodónticas, pérdida de masa, NaOCl, Microdacyn 60®.)

## SUMMARY

Cleaning and shaping the root canal is an extremely important part of the endodontic treatment, nickel titanium instruments offer greater flexibility, and have super-elasticity which improves the formation and avoid transportations, maintaining the original root canal configuration . However, fractures files into the root canal are still common with NITI instruments, compromising the endodontic treatment. Sattapan et al. reported 21% in the incidence of fractures within the root canal, so studding mechanisms of separation of files is very important to reduce the chances of this happening. The aim objective of this research was to determine the mass loss in NI-TI endodontic files using NaOCl 5.25 % versus Myrodacyn 60® for disinfection. This study was observational and comparative type; a sample of 10 endodontic files nickel titanium: 2 new files Sm3 TF Adaptive ®, 2 files Sm3 TF Adaptive ® that has been used twice, 2 files Sm3 TF Adaptive ® that has been used 4 times, 2 new files K3XF ®, 1 new file Hyflex ®, 1 new file White ®. To determine its initial mass, weighing each file was performed at the Laboratory Q-20. With Mettler XP6 microbalance at the National Centre of Metrology, and observed under scanning electron microscope before and after exposure to disinfectants. The null hypothesis shows to be no difference in the mass loss of Ni-Ti files using NaOCl 5.25 % versus Myrodacyn 60 ® for disinfection. However under SEM the early changes seen in the structure of the files, revealed that NaOCl 5.25 % has more corrosive effect than Microdacyn 60 ® during the disinfection phase.

**(KEYWORDS:** endodontic files fracture, Nickel Titanium, mass loss, NaOCl, Microdacyn 60®)

**A un lindo peloncito del cunero 8 y a ti...**

## Agradecimientos

Al Dr. Juan Antonio Guardado Pérez, por su ayuda incondicional para realizar esta investigación, así como a todo su equipo de trabajo que siempre fueron entusiastas y disponibles en todo momento para colaborar. Gracias al Ingeniero Saúl Adrián Gallardo Heredia responsable de tan bellas imágenes bajo el microscopio electrónico de barrido. Al Centro Nacional de Metrología por el privilegio de utilizar sus instalaciones para llevar a cabo este trabajo.

Gracias a mi mejor amigo y esposo Dr. Idris Emir González, por ser mi compañero en toda esta locura y ser mi mayor impulso al hacer que mis alas sean cada vez más grandes y fuertes y así poder llegar tan lejos como el día de hoy.

Por supuesto gracias a mis padres ya que ellos fueron quienes sembraron desde pequeña en mí las ganas de crecer y superarme, así como todo el apoyo que me han dado en cada momento de mi vida. Con todo mi corazón les agradezco que siempre hayan estado respaldándome.

Gracias a mis profesores de posgrado de la Universidad Autónoma de Querétaro C.D.E.E. Roberto Gustavo Sánchez Lara por compartir todos sus conocimientos en las aulas, C.D.E.E. Daniel de la Rosa por su calidad docente así como C.D.E.E. Larissa Zavala, C.D.E.E Héctor Nieto, E.E.M.O. Santiago Andaracua García por transmitir con tan buena energía y amor a su trabajo la maravilla del aprendizaje de la Endodoncia, de manera especial un agradecimiento a la C.D.E.E. Elisa Betancourt quien ha sido ejemplo para mi durante este posgrado.

Resumen	i
Summary	ii
Dedicatorias	iii
Agradecimientos	iv
Índice	v
Índice de cuadros	vi
Índice de figuras	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
Limas Endodónticas de Níquel -Titanio	4
Principales características de la aleación de Níquel-Titanio	6
Fabricación de las aleaciones NiTi	6
Aleación de Níquel-Titanio y su uso en Endodoncia	8
Triturado	8
Acordonamiento	9
Esterilización y Desinfección de limas NiTi	11

Hipoclorito de Sodio	12
Microdacyn 60®	18
Proceso de fabricación	21
Química de Microdacyn 60®	22
Eficacia Antimicrobiana	23
Microdacyn 60® como Bactericida y Fungicida.	24
Microdacyn 60® como Virucida	24
Mecanismo de Acción	25
Toxicidad	26
Perspectivas Microdacyn 60®	27
Microscopia Electrónica de Barrido	28
Características MEB	28
Fundamentos MEB	29
Funcionamiento MEB	30
Ventajas del MEB	32
III. METODOLOGÍA	33
Preparación de las limas	34
Limpieza de las limas	35



Microscopia Electrónica de Barrido	36
Determinación de masa de las limas de Níquel Titanio	47
Microscopia Electrónica de Barrido segunda etapa	54
Análisis de la muestra	54
I. RESULTADOS	70
II. DISCUSIÓN	82
III. CONCLUSIÓN	86
IV. BIBLIOGRAFÍA	87

## ÍNDICE CUADROS

<b>Cuadro</b>		<b>Página</b>
Cuadro 1. Especies formadas por la separación iónica del agua		22
Cuadro 2. Limas expuestas a NaOCl al 5.25% Masa inicial		47
Cuadro 3. Limas expuestas a NaOCl al 5.25% 7.06.16		48
Cuadro 4. Limas expuestas a NaOCl al 5.25% 8.06.16		48
Cuadro 5. Limas expuestas a NaOCl al 5.25% 9.06.16		49
Cuadro 6. Limas expuestas a NaOCl al 5.25% 10.06.16		49
Cuadro 7. Limas expuestas a NaOCl al 5.25% 13.06.16		50
Cuadro 8. Limas expuestas a Microdacyn 60 <sup>®</sup> 14.06.16		50
Cuadro 9. Limas expuestas a Microdacyn 60 <sup>®</sup> 15.06.16		51
Cuadro 10. Limas expuestas a Microdacyn 60 <sup>®</sup> 16.06.16		51
Cuadro 11. Limas expuestas a Microdacyn 60 <sup>®</sup> 17.06.16		52
Cuadro 12. Limas expuestas a Microdacyn 60 <sup>®</sup> 20.06.16		52
Cuadro 13. Limas expuestas a Microdacyn 60 <sup>®</sup> 21.06.16		53

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figuras</b>	<b>Página</b>
Figura 1. Preparación de las limas	34
Figura 2. Preparación de las limas al MEB	35
Figura3. Laboratorio C003 de Microanálisis CENAM	36
Figura 4. SM3 NUEVA X500	37
Figura 5. SM3 NUEVA X200	38
Figura 6. SM3 NUEVA X 35	38
Figura 7. SM3 MEDIA X500	39
Figura 8. SM3 MEDIA X200	39
Figura 9. SM3 MEDIA X35	40
Figura 10. SM3 VIEJA X500	40
Figura 11. SM3 VIEJA X200	41
Figura 12. SM3 VIEJA X35	41
Figura 13. K3XF X500	42
Figura 14. K3XF X200	42

Figura 15. K3XF X37	43
Figura 16. HYFLEX X500	43
Figura 17. HYFLEX X200	44
Figura 18. HYFLEX X35	44
Figura 19. WHITE X500	45
Figura 20. WHITE X500	45
Figura 21. WHITE X150	46
Figura 22. WHITE X35	46
Figura 23. SM3 NUEVA X500 NaOCI 5.25%	54
Figura 24. SM3 NUEVA X40 NaOCI 5.25%	55
Figura 25. SM3 MEDIA X500 NaOCI al 5.25%	55
Figura 26. SM3 MEDIA NaOCI al 5.25%	56
Figura 27. SM3 VIEJA X200 NaOCI al 5.25%	56
Figura 28. SM3 VIEJA X40 NaOCI al 5.25%	57
Figura 29. SM3 VIEJA X500 NaOCI al 5.25 %	57
Figura 30. K3XF X500 NaOCI al 5.25%	58

Figura 31. K3XF X200 NaOCI 5.25%	58
Figura 32. K3XF X40 NaOCI 5.25%	59
Figura 33. HYFLEX X500 NaOCI 5.25%	59
Figura 34. HYFLEX X100 NaOCI 5.25%	60
Figura 35. HYFLEX X40 NaOCI 5.25%	60
Figura 36. HYFLEX X500 NaOCI 5.25%	61
Figura 37. WHITE X50 NaOCI 5.25%	61
Figura 38. WHITE X40 NaOCI 5.25%	62
Figura 39. WHITE X300 NaOCI 5.25%	62
Figura 40. SM3 NUEVA X200 MICRODACYN 60 <sup>®</sup>	
Figura 41. SM3 NUEVA X100 MICRODACYN 60 <sup>®</sup>	63
Figura 42. SM3 NUEVA X40 MICRODACYN 60 <sup>®</sup>	64
Figura 43. SM3 MEDIA X500 MICRODACYN 60 <sup>®</sup>	64
Figura 44. SM3 MEDIA X200 MICRODACYN 60 <sup>®</sup>	65
Figura 45. SM3 MEDIA X35 MICRODACYN 60 <sup>®</sup>	65

Figura 46. SM3 VIEJA X500 MICRODACYN 60 <sup>®</sup>	66
Figura 47. SM3 VIEJA X200 MICRODACYN 60 <sup>®</sup>	66
Figura 48. SM3 VIEJA X40 MICRODACYN 60 <sup>®</sup>	67
Figura 49. K3XF X500 MICRODACYN 60 <sup>®</sup>	67
Figura 50. K3XF X200 MICRODACYN 60 <sup>®</sup>	68
Figura 51. K3XF X40 MICRODACYN 60 <sup>®</sup>	68
Figura 52. K3XF X40 MICRODACYN 60 <sup>®</sup>	69
Figura 53. K3XF NUEVA	79
Figura 54. K3XF MICRODACYN 60 <sup>®</sup>	79
Figura 55. K3XF NAOCL 5.25%	79
Figura 56. SM3 NUEVA	80
Figura 57. SM3 NAOCL 5.25%	80
Figura 58. SM3 MICRODACYN 60 <sup>®</sup>	80

## I. INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de la Endodoncia es prevenir o curar patologías tanto del tejido pulpar como periapical, dentro de las cuales se encuentra la periodontitis apical, la cual existe o se puede generar debido a la presencia de bacterias dentro del sistema de conductos radiculares. (Chugal et al., 2003). La Periodontitis Apical (PA) se define como una enfermedad inflamatoria de los tejidos perirradiculares causada por una infección microbiana persistente en el sistema de conductos radiculares del órgano dentario afectado. (Sjogren et al., 1997).

La interacción dinámica que ocurre en el periápice entre las bacterias patógenas y los mecanismos de defensa del hospedero, trae como resultado varias categorías de periodontitis apicales, las cuales se clasifican en base a sus hallazgos clínicos, radiográficos e histológicos. Las lesiones asociadas con síntomas importantes, como dolor o inflamación, corresponden a las agudas o sintomáticas, mientras que aquellas que tienen síntomas ligeros o no los tienen corresponden a las crónicas o asintomáticas. (Trope et al., 1995).

La instrumentación mecánica del sistema de conductos es una parte extremadamente importante en el tratamiento de Endodoncia, con la introducción de aleaciones elásticas como son los instrumentos de Níquel-Titanio (NITI) se ha logrado limpiar los conductos curvos en menor tiempo que con la instrumentación manual, las limas de NITI ofrecen mayor flexibilidad, y la superelasticidad con la que cuentan permite mejorar la conformación y evitar transportaciones de la trayectoria original del sistema de conductos. (Kazemi et al., 1996)

Sin embargo, fracturas de las limas dentro del conducto radicular es aun común con los instrumentos de NITI, comprometiendo de manera significativa el tratamiento de Endodoncia. Sattapan y col. reportan una frecuencia tan alta, oscilando cerca del 21% en la incidencia de fracturas de limas dentro del conducto, es por eso que el estudio de los mecanismos de separación de las limas es muy importante y así lograr disminuir las probabilidades de que esto ocurra. (Sattapan et al., 2000). La fractura de instrumentos de NITI tiene una causa

multifactorial como fatiga del instrumento, torsión dentro del conducto y corrosión de los instrumentos debido a la exposición a soluciones desinfectantes y a procesos de esterilización. (Shen et al., 2012)

Se ha comprobado que los restos de hipoclorito de sodio al 2.5%, el cual se considera que es el desinfectante de instrumental de más amplio espectro ya sea usado como sustancia irrigadora o como desinfectante, aceleran el deterioro de manera significativa en los instrumentos fabricados de níquel-titanio, por otro lado, el agua superoxidada es una solución bactericida, y esporicida no corrosiva lo cual promete tener menor efecto sobre la pérdida de masa en limas de NITI. El riesgo de fractura de los instrumentos Níquel-Titanio dentro del conducto aumenta con la pérdida constante de masa, por tal motivo la necesidad de encontrar una solución desinfectante y no corrosiva.



## **I.1 OBJETIVO GENERAL**

Determinar el desgaste por pérdida de masa en limas endodónticas de NITI utilizando Mycrodacyn 60® versus NaOCl al 5.25% para su desinfección.

### **I.1.1.OBJETIVO ESPECÍFICO**

- 1.- Determinar diariamente el desgaste de un grupo de limas endodónticas de NITI mediante la pérdida de masa *expuesta a NaOCl al 5.25% por 24 horas durante 7 días.*
- 2.- Determinar diariamente el desgaste de un grupo de limas endodónticas de NITI mediante la pérdida de masa expuestas a Microdacyn 60® por 24 horas durante 7 días.
3. Observar a través de microscopia electrónico de barrido las características físicas y químicas por medio de EDS de las limas antes de iniciar su inmersión a las sustancias desinfectantes.
- 4.- Observar a través de microscopia electrónico de barrido las características físicas de las limas después de concluir su período de inmersión a las sustancias desinfectantes.

## II. REVISION A LA LITERATURA

A principios de los años 60 se creó la aleación de Níquel-Titanio por W.F.Buehler un investigador metalúrgico investigando aleaciones no magnéticas, resistentes a las sales, resistentes al agua para un programa del espacio en el laboratorio Naval en Silver Springs Maryland USA. Las propiedades termodinámicas de esta aleación intermetálica se encontraron que eran capaces de producir memoria física cuando esta era sometida a temperatura controlada. Esta aleación se le llamo Nitinol, un acrónimo a los elementos de los cuales estaba formado; *Ni* por níquel, *Ti* por titanio y *NOL* por el nombre del laboratorio Naval. La aleación de níquel-titanio usada para los tratamientos de conductos endodónticos contiene aproximadamente 56 % níquel y 44 % titanio. En algunas aleaciones un pequeño porcentaje de cobalto 2 %. (Thompson et al., 2000)

El éxito del tratamiento de conductos depende principalmente de la remoción de microorganismos patógenos mediante la instrumentación química-mecánica lo cual abarca la conformación con la eliminación mecánica de la dentina y la limpieza con la desinfección química de las bacterias y disolución de tejido orgánicos dentro del conducto. Aun con que la instrumentación puede ser predecible y fácil de obtener con toda la tecnológica innovadora, la limpieza del conducto sigue siendo un reto; al respecto, Los instrumentos rotatorios de níquel titanio se han dado a conocer por su eficacia en la preparación del sistema de conductos radiculares; Esto es mayormente por la elasticidad del níquel titanio que da una flexibilidad aumentada permitiendo que el instrumento continúe la trayectoria del conducto. (Özgür et al., 2007)

Las primeras limas de Endodoncia fueron fabricadas en acero de carbono a partir de 1901 cuando la casa comercial Kerr introdujo al mercado la primera lima tipo K. Muchos de los errores cometidos durante la instrumentación de los conductos radiculares, en especial en conductos curvos, están relacionados con la rigidez de este tipo de aleación de acero. Los fabricantes han intentado solucionar

dichos inconvenientes a través de la creación de variaciones en el diseño de las limas, que generalmente requieren modificaciones del área de la sección transversal, del ángulo y la profundidad de las espiras cortantes, y del diseño de la punta. (Walia et al., 1988).

### **Limas Endodónticas de Níquel-Titanio**

La innovación del Níquel-Titanio en la década de los 60 proporcionó a la odontología un novedoso material con una gran utilidad para su uso en Endodoncia; En odontología la aleación de níquel-titanio fue primeramente utilizada en Ortodoncia por Andreasen & Hilleman, en 1971, para la confección de alambres de ortodoncia debido a su ultraflexibilidad, menor módulo de elasticidad y gran resistencia a la fractura de torsión y flexión. (Yared et al., 2001).

EN 1958, WilliamJ. Buehler, Metalúrgico del Laboratorio Naval de Ordnance de USA, inicio a buscar una aleación de baja densidad, fatiga e impacto y resistente al calor para la fabricación de conos de misiles que pudieran soportar mejor la reentrada. Mientras probaba varias aleaciones, noto que la aleación de níquel titanio era sumamente diferente de las otras. Buehler nombro a este descubrimiento NITINOL (Nickel Titanio Naval Ordnance Laboratory)

La incorporación del Níquel-Titanio en el area de la Endodoncia ha permitido mecanizar la instrumentación de los conductos radiculares curvos con técnicas rotatorias mejorando la calidad del resultado, reduciendo el tiempo de trabajo y el esfuerzo físico del operador en comparación con las técnicas manuales. Diferentes estudios (Walia et al., 1988) evaluaron las características de estos instrumentos y compararon las propiedades torsionales de las limas de acero y las de níquel-titanio, observando que la flexibilidad de éstas era superior a las de acero (Nathalie et al., 2001).

## **Principales características de la aleación de Níquel-Titanio.**

La aleación Níquel-Titanio posee dos formas cristalográficas: austenita y martensita. La transformación desde la fase austenita a la martensita se produce cuando se aplica un estrés al instrumento (presión, calor), Al iniciarse esta transformación, el instrumento se vuelve frágil y se puede romper con facilidad. (Canalda et al., 2001).

- Memoria de forma: La memoria de forma se refiere a la capacidad de ciertos materiales de “recordar” una forma, incluso después de severas deformaciones: una vez deformados a bajas temperaturas, estos materiales permanecerán deformados hasta que sean calentados, entonces volverán espontáneamente a su forma original que tenían antes de la deformación. (Peters et al., 2003)

## **Fabricación de las aleaciones NITI**

Para asegurar la calidad y consistencia de los materiales fabricados con nitinol es importante conocer y entender los procesos seguidos para obtener este material y los efectos que tiene en las propiedades y formas finales. En teoría todos los componentes fabricados con Nitinol siguen los mismos pasos de fabricación, Primero se alean en vacío, se trabajan en caliente y en frío y finalmente se tratan en caliente para conseguir las propiedades finales. Los procesos subsecuentes necesarios para cortar, soldar y tratamientos superficiales, se aplican para obtener el elemento final. El método de aleado debe ser muy cuidadoso, es de suma importancia conocer que las temperaturas de transición (rango de temperatura en el que se produce la transformación de Austenita a Martensita) son altamente sensibles a la composición de la aleación, por lo que una variación de un 1% en la cantidad de cualquiera de los dos (Ni o Ti)

puede cambiar 100°C la temperatura de transformación, Por este motivo, cualquier contaminante significaría cambiar la aleación y probablemente desecharla.

El aleado se suele realizar en un horno de vacío o atmosfera inerte, los más usados son Aleado en vacío por inducción (VIM) y realeado en vacío por arco (VAR); con el VIM se asegura la homogeneidad y la uniformidad en las temperaturas de transformación con una precisión de 1 a 2°C, el problema es que puede contaminarse con carbón debido al grafito utilizado en el horno. En el aleado con Var se consigue la mayor pureza posible en la aleación, sin embargo, solo se alean pequeñas cantidades, con lo cual no se consiguen grandes lingotes homogéneos, es por ello que se suele usar para refinar lingotes aleados con VIM.

Después del aleado, se refina la microestructura mediante una deformación adicional, la cual recién obtenida tiene muy poca ductilidad, es por eso que se trabaja en caliente para modificar dicha microestructura, dependiendo de la forma final el tratamiento puede ser distinto: extrusión, laminado en barra o lámina, forjado, donde Las temperaturas oscilan entre 600°C y 800°C. Para conseguir las propiedades mecánicas y físicas deseadas en la mayoría de las aplicaciones, es necesario realizar un trabajo en frio en varios pasos precedidos del trabajo en caliente, con el cual se obtiene la forma final, el acabado superficial final, una microestructura refinada y las propiedades mecánicas deseadas (aleaciones con memoria de forma.

### **Aleación de Níquel-Titanio y su uso en Endodoncia.**

En 1838, MAYNARD creo el primer instrumento endodóntico, idealizado a partir de un muelle de reloj y desarrollo otros para utilizarlos con el objetivo de limpiar y ensanchar el conducto radicular (Leonardo et al., 2002).

Esta composición da origen a una relación atómica de 1:1 de los componentes principales y, como con otros sistemas metálicos, esta aleación se presenta en 13 varias formas cristalográficas (Thompson y col. 2000; Anusavice,

1998). El término genérico para esta aleación es Nitinol-55 y tiene la particularidad de modificar su tipo de unión atómica, lo que ocasiona cambios únicos y significantes en sus propiedades mecánicas y disposición cristalográfica.

## **Triturado**

Esencialmente, la pieza colada se forja en una prensa en una forma cilíndrica antes de la estampación rotatoria a presión, para crear un alambre estirado, El cable se enrolla a continuación para producir una forma cónica con una presión uniforme a partir de una serie de rodillos aplicada al alambre. Durante la fase de construcción, otros procesos se llevan a cabo en la varilla enrollada de alambre, incluyendo el trefilado del alambre sobre un cono, el recocido del alambre en su estado enrollado, descalcificación y trefilado fino del alambre seguido por repetidos calentamientos con el cable en una configuración recta; Esta etapa es seguida por la elaboración del perfil real o la forma de la sección transversal del alambre, por ejemplo, impartir ya sea una forma redonda, cuadrada u oblonga antes del proceso de limpieza y acondicionamiento de superficie, finalmente, el cable terminado se almacena en los carretes antes de la transformación. (Thompson et al., 2000).

El electropulido mitiga los efectos del triturado y reduce los defectos superficiales, como las microgrietas, canales y las transferencias de metal, mientras que desafila los bordes de corte al mismo tiempo, estudios recientes han encontrado que el electropulido mejora la resistencia a la fatiga cíclica y las cargas de torsión, lo que incrementa la resistencia a la fractura. (Pruett et al., 1997), por lo que las limas de gran diámetro resisten mejor la torsión que las pequeñas, y las segundas resisten la fatiga cíclica mejor que las de mayor diámetro.

## **Acordonamiento**

Fabricar limas de Níquel-Titanio por acordonamiento (torcido) resulta en una lima formada de una sola pieza de níquel-titanio; es decir, el mango de la lima no es una segunda pieza de metal unida al eje de la lima; Las ranuras de corte de las limas acordonadas (TF) no se crean por trituración, y la estructura granular del Níquel-Titanio nunca se corta transversalmente, lo que mantiene su integridad. Las limas acordonadas de Níquel-Titanio se crean tomando el alambre de níquel titanio en bruto en la estructura ausentita cristalina y transformarlo en una estructura cristalina diferente (Fase R) por medio de un proceso de calentamiento y enfriado (Gambarini et al., 2008).

En la Fase R, el Níquel-Titanio puede torcerse, Una vez torcido, la lima se calienta y enfría de nuevo para conservar su nueva forma y convertirla de nuevo a la estructura ausentita cristalina, la cual es superelástica una vez tensionada (pudiéndose emplear en el área de endodoncia); la lima recibe entonces un tratamiento químico superficial final de desoxidación que conserva la dureza de la superficie del metal sin reducir el filo de las ranuras de corte o la dureza del metal. Como resultado del torcido, la TF tiene una sección transversal triangular que la hace extremadamente flexible, y cuenta con un ángulo helicoidal, un ancho y profundidad de ranura variables. (Mounce et al., 2008).

Las limas rotatorias de Níquel-Titanio presentan como principal inconveniente, la tendencia a fracturarse en el interior del conducto radicular. (Yared et al.2000, Gambarini 2001, SVEC & Powers 2002); existen distintas causas en las que el operador puede influir en su fractura. (West et al. 1994), una es la presión ejercida en el instrumento al introducirlo en el conducto radicular; por lo tanto, a mayor presión, mayor tendencia a fracturarse. (Serene et al. 1995, Sattapan et al. 2000); En segundo lugar, la velocidad de rotación, y por último el torque. (Pruett et al 1997, Yared 1999); además de que el uso excesivo del instrumento, la alta velocidad, presión excesiva, y la persistencia de giro en un

mismo punto determinarán la longevidad de la lima. (Gambarini 2000, Shen et al., 2009)

Existen otros aspectos, en los que no interviene el operador, que pueden facilitar su fractura, en conductos difíciles, y que dependen de las características y diseño de las mismas. (ANSI/ADA 1988)(23); en estudios realizados por Sattapan indicaron que la fractura torsional ocurre en un 55% de todas las fracturas de instrumentos y la fractura por flexión en un 45% de los casos respectivamente. Estos análisis nos indican que la fractura por torsión es causada por la excesiva fuerza de presión que se le ejerce a un instrumento en sentido apical, ocurriendo con más frecuencia en torsión, que la fractura por flexión (Palamara et al., 2000)

Uno de los factores a analizar es la punta de los instrumentos mecanizados la que idealmente debe ser cónica, lisa y no debe presentar un ángulo de transición, fundamentalmente para evitar deformaciones y traspasación al momento de trabajar en el interior de los conductos, por tal motivo, los fabricantes proponen esta característica morfológica en sus instrumentos; el otro factor importante a destacar es la relación entre la presencia de defectos superficiales de fabricación, la instrumentación mecanizada y la posible rotura de instrumentos, siendo las fallas superficiales como grietas, microcavidades, bordes de filo aserrados, concentradores de tensiones en la fatiga del material, lo que en condiciones clínicas puede llevar a la falla intempestiva e impredecible de los instrumentos; en esta línea de investigación son varios los autores que han trabajado en busca de aclarar por qué las limas se fracturan o y cuál es el origen de estos defectos.(Cheung et al., 2007)

El comportamiento del desgaste de limas endodónticas se ha estudiado extensamente y es sabido que el hipoclorito al 5.25%, el cual se considera la solución irrigadora más comúnmente usada y desinfectante de instrumental, causa corrosión en los instrumentos endodónticos, al respecto, Stokes et al, describen



pitting de corrosión en la superficie de la lima después de una hora de inmersión en NaOCl al 5.25% (Svec et al., 2002)

### **Esterilización y Desinfección de limas NITI**

Esterilización es el proceso en el que se remueven o destruyen todos los microorganismos vivos, incluyendo esporas de hongos, bacterias y estructuras virales. (Ruddy et al., 2002). Por otro lado, la desinfección consiste en eliminar o matar a la mayoría de los microorganismos potencialmente patógenos de un artículo o superficie contaminada. (Holton et al., 1994).

Este objetivo se puede alcanzar con métodos físicos, químicos o fisicoquímicos encaminados a desnaturalizar proteínas y ácidos nucleicos; el método más común y accesible, utilizado en la mayoría de los hospitales, para la esterilización es el vapor de agua a presión; sin embargo, el uso de materiales no resistentes al calor es cada vez más frecuente en la práctica médica. Esto ha obligado a los hospitales a adoptar otras alternativas de esterilización en frío, tales como el Óxido de Etileno, Irradiación Gamma y Gas Plasma de Peróxido de Hidrógeno, que son procesos difíciles y costosos, por lo tanto poco accesibles para la mayoría de los hospitales (Rutala et al., 2001), además, estos procesos requieren de mucho tiempo en su proceso, personal altamente capacitado y normas muy estrictas, tanto en la instalación del equipo como en el manejo de los productos de desecho de cada proceso. (Séller et al., 1988)

Otra alternativa en los procesos de esterilización y desinfección es la inmersión en sustancias químicas, como el cloro, alcoholes, iodóforos, aldehídos y ácido peracético, que actúan por contacto y acortan el tiempo de esterilización. Este método de descontaminación y esterilización ha cobrado importancia sobre todo en el procesamiento de los equipos de endoscopia, a los que de alguna manera se les atribuye parte del incremento de algunas infecciones cruzadas y contaminaciones iatrogénicas. (Rutala et al., 1999)

Las limas endodónticas están en contacto con sangre, pulpa infectada y soluciones irrigantes durante el proceso de la preparación químico mecánica del

conducto radicular (Haapasalo et al. 2005; Saghiri et al 2009) sumergir los instrumentos endodónticas en soluciones desinfectantes es un método recomendado y aceptado para remover restos orgánicos, antes de la esterilización. En adición limas fracturadas pueden permanecer en conductos radiculares por años y liberar productos de corrosión que pueden llevar a reacciones inflamatorias no deseadas (Chugal 2001, Viana et al 2006)

### **Hipoclorito de sodio**

Las propiedades desinfectantes del cloro fueron primero reconocidas a comienzos del siglo XIX. El hipoclorito de sodio (NaOCl) fue primero recomendado como una solución antiséptica por Henry Dakin para la irrigación de heridas para los soldados en la Primera Guerra Mundial, actualmente es aún el irrigante más utilizado en Endodoncia moderna por sus propiedades antibacterianas, lubricativas, y disolvente de tejido. El hipoclorito de sodio es una sal formada de la unión de dos compuestos químicos, el ácido hipocloroso y el hidróxido de sodio, que presenta como características principales sus propiedades oxidantes, siendo la fórmula química de este compuesto es la siguiente:  $\text{NaOH} + \text{Cl}_2 = \text{NaOCl}$ .

El hipoclorito de sodio es hipertónico (2,800 mOsmol/ kg) y muy alcalino (ph de 11.5 a 11.7). La actividad solvente, y las propiedades antimicrobianas son debidas primariamente a la habilidad del hipoclorito de sodio de oxidar e hidrolizar las proteínas celulares, la liberación de cloro para formar ácido hipocloroso y a largo plazo, su habilidad osmótica de extraer líquidos fuera de las células. (Leonardo et al., 2000) Los beneficios que proporciona el hipoclorito de sodio como irrigante durante la terapia endodóntica son efectividad para eliminar el tejido vital y no vital, con un amplio efecto antibacteriano, destruyendo bacterias, hongos, esporas y virus, es excelente lubricante y blanqueador, favoreciendo la acción de los instrumentos, posee una tensión superficial baja, vida media de almacenamiento prolongada, y es poco costoso. En algunos estudios se ha demostrado que la capacidad de penetración de este irrigante en los túbulos dentinales, depende directamente de la concentración utilizada. (Frais et al., 2001)

El cloro es uno de los elementos más ampliamente distribuidos en la tierra. No se encuentra en un estado libre en la naturaleza, pero existe en combinación con el sodio, potasio, calcio, y magnesio; en el cuerpo humano, los compuestos de cloro son parte de la defensa inmune no específica, se generan por los neutrófilos a través de la cloración de mieloperoxidasa mediada por un compuesto nitrogenado o un conjunto de compuestos (Zehnder et al., 2006).

El compuesto activo del hipoclorito es el cloro el cual en todas las soluciones de hipoclorito se denomina "cloro libre". El hipoclorito de sodio es el irrigante de elección durante los tratamientos de conducto radicular debido a su eficacia contra los organismos patógenos y la degradación del material orgánico, tejido necrótico y efecto bactericida. Como irrigante en Endodoncia se utiliza actualmente como solución en concentraciones que van del 1% al 5.25%, entre las más comunes aunque sean reportado concentraciones de hasta 10%. (Alejandra et al., 2002).

Es un compuesto halogenado utilizado como un agente proteolítico no específico capaz de eliminar magnesio e iones de carbonato. Se han reportado efectos indeseables de la solución como ser citotóxico (accidentes graves al ser inyectado accidentalmente en los tejidos vivos), corroe el metal, olor desagradable y elimina sólo la parte orgánica de la capa de barrillo dentinal. Tiene capacidad de penetración en los túbulos dentinales de 77 a 300 micras según lo reportado por Haapasalo informan que el hipoclorito puede eliminar a los microorganismos diana en cuestión de segundos, incluso a bajas concentraciones, aunque otros informes han publicado tiempos considerablemente más largos para la muerte de las mismas especies. (Ling et al., 2010) También disuelve efectivamente restos de pulpa, colágeno y los principales componentes orgánicos de la dentina, siendo el único irrigante del conducto radicular que disuelve el tejido necrótico orgánico y vital. Numerosos estudios han utilizado la irrigación con NaOCl (intervalo de concentración de 0,5 a 5,25%) para complementar la preparación mecánica, el aumento de la frecuencia de cultivos negativos inmediatamente después de desbridamiento muestra el beneficio del procedimiento con un rango de 25-98%

en la eliminación de bacterias. Se utiliza en ocasiones como solución irrigante luego de agentes de desmineralización causando una marcada erosión de la dentina radicular. Se ha encontrado que el tratamiento con hipoclorito de sodio acumula minerales en la dentina radicular humana, el aumento de la cantidad de carbonato reduce la cantidad de fosfato alterando las propiedades de la dentina (Holger et al., 2011)

Se conoce comúnmente como blanqueador, se utiliza con frecuencia como un desinfectante, es eficiente en la eliminación de los desechos en los tercios coronales y medio de conductos radiculares pero no para dispersar la capa de barrillo dentinario y los tapones de los túbulos dentinales, fue producido por primera vez en 1789 en Javel, Francia, haciendo pasar gas cloro a través de una solución de carbonato de sodio; el líquido resultante, conocido como "Eau de Javel" o "agua de Javel" era una solución diluida de hipoclorito de sodio; sin embargo, este proceso no era muy eficiente y se buscaron métodos de producción alternativos. Uno de tales métodos implicó la extracción de cal clorada (conocido como polvo de blanqueo) con carbonato de sodio para producir bajos niveles de cloro disponible, este método se utiliza habitualmente para producir soluciones de NaOCl para su uso como un antiséptico hospitalario que se vende bajo los nombres comerciales "Eusol" y "solución de Dakin." (Sim et al., 2001).

El hipoclorito de sodio como una solución tamponada al 0.5% se recomienda para la irrigación de heridas durante la Primera Guerra Mundial por Dakin. La capacidad de penetración del hipoclorito en los túbulos dentinales como ya se mencionó, se ha medido con precisión micrométrica y se estima que esta entre 77 y 300 micras, se han mencionado tres parámetros que afectan directamente esta penetración la concentración, el tiempo y la temperatura, se sugiere por lo tanto que estos factores se deben encontrar en forma simultánea para tener un efecto aditivo en la penetración de los túbulos, es decir se debe utilizar una concentración alta, por tiempo prolongado de continuo recambio y si es posible elevar la temperatura del irrigante. (Bettina et al., 2012)

Su mecanismo de acción ha sido ampliamente estudiado y se da cuando se contactan las proteínas del tejido y el NaOCl, en esta reacción en corto tiempo se forma formaldehído y nitrógeno, los enlaces peptídicos se rompen para disolver las proteínas. Durante este proceso, el hidrógeno en los grupos amino (-NH-) se sustituye por el cloro (-NCl-) la formación de cloraminas desempeñan un papel importante para la eficacia antimicrobiana. Por lo tanto, el tejido necrótico y pus se disuelven y el agente antimicrobiano puede alcanzar y limpiar mejor las áreas infectadas.  $\text{NaOCl} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NaOH} + \text{HOCl}$   $\text{Na}^+ + \text{OH}^- + \text{H}^+ + \text{OCl}^-$ . Además de su aplicación como un agente irrigante del conducto radicular el NaOCl también se utiliza comúnmente para desproteinizar tejidos duros para aplicaciones biomédicas (Mohammadi et al., 2008).

El hipoclorito de sodio actúa como un disolvente orgánico y de la grasa, degradando los ácidos grasos y los transforma en sales de ácidos grasos (jabón) y glicerol (alcohol), y por lo tanto reduce la tensión superficial de la solución restante (reacción de saponificación). El hipoclorito de sodio neutraliza aminoácidos que forman agua y sal (reacción de neutralización). Con la salida de iones hidroxilo, hay una reducción del pH. Cuando el cloro se disuelve en agua y está en contacto con la materia orgánica, forma ácido hipocloroso. Este es un ácido débil, actúa como un oxidante. Ácido hipocloroso ( $\text{HOCl}$ ) e hipoclorito (iones  $\text{OCl}^-$ ) conducen a la degradación del amino ácido y la hidrólisis, presenta acción antimicrobiana mediante la inhibición de enzimas bacterianas que conducen a la oxidación irreversible de grupos SH (grupo sulfhidrilo) de las enzimas bacterianas esenciales. La eficacia antimicrobiana de hipoclorito de sodio se da con base en su pH alto que como ya se mencionó es de 11 (acción de iones hidroxilo), es similar al mecanismo de acción del hidróxido de calcio.

El alto pH del hipoclorito de sodio interfiere en la integridad de la membrana citoplasmática con una inhibición enzimática irreversible, alteraciones en el metabolismo celular de biosíntesis y la degradación de fosfolípidos observados en la peroxidación lipídica (Ricardo et al., 2014).

El Hipoclorito de sodio tiene amplia actividad antibacterial, incluso, se ha comprobado efectividad contra los microorganismos más resistentes presentes en los conductos radiculares, como el *Enterococo Faecalis*, en concentración del 5.25%. Con respecto a la acción antifúngica se ha comprobado que el hipoclorito de sodio tiene una alta capacidad de dilución frente a *Cándida Albicans* residente de la familia de los hongos más frecuente en la cavidad oral. En cuanto a la disolución de tejido orgánico, el hipoclorito de sodio tiene la capacidad de diluirlo, la revisión realizada por Mohammadi habla de la importancia de la concentración para que esta propiedad sea aprovechada, hipoclorito de sodio al 5% diluye la materia orgánica en 20 minutos, sin embargo otros estudios, mencionan que no existe diferencia significativa entre las diferentes concentraciones y la disolución de tejido, la disolución del tejido depende de tres factores: frecuencia de la agitación, cantidad de material orgánico en relación con la cantidad de irrigante dentro del sistema y de la superficie de tejido que está disponible, sin embargo, in vivo la presencia de materia orgánica (exudado inflamatorio, restos de tejido, y el biofilm microbiano) consume NaOCl y debilita su efecto. Por lo tanto, la irrigación continua en el tiempo son factores importantes para la eficacia de NaOCl.

En la revisión se menciona el aumento de la temperatura en la disolución de tejido orgánico como un factor que no es relevante en el momento de realizar la irrigación, hipoclorito de sodio al 1% a 45°C tiene la misma capacidad de disolución de tejido orgánico que hipoclorito de sodio al 5% a 20°C. Entre las múltiples cualidades del hipoclorito de sodio la capacidad como agente hemostático también, juega un papel importante en su desempeño como irrigante durante el tratamiento de endodoncia, especialmente utilizado en tratamiento de exposiciones pulpares pequeñas donde se ha encontrado contaminación bacteriana, hipoclorito de sodio al 3% fue biocompatible como un agente hemostático eficaz, no se ha evidencio necrosis pulpar de 7 a 27 días después del tratamiento.

Cuando se encuentra en contacto con proteínas del tejido, se forman, nitrógeno, formaldehído y el acetaldehído, dentro de un corto tiempo enlaces de

péptidos se rompen resultando en la disolución de las proteínas, tejido necrótico y pus de este modo se disuelven y el agente antimicrobiano pueden alcanzar y limpiar mejor las áreas infectadas, como consecuencia de esta reacción este agente irrigante es altamente toxico para los tejidos circundantes a la zona periapical, causando dolor agudo, inflamación, hemorragia en algunos casos parestesia e infección.

(Basrani y Haapasalo., 2001) recomiendan para lograr la mayor eficacia del hipoclorito como irrigante tener precauciones con el almacenamiento, entre ellos, mencionan, el pH bajo desestabiliza la solución esto sucede por la presencia de iones metálicos, la exposición del recipiente de almacenamiento a la luz y temperatura más elevada .Concluyen que los biocidas de acción rápida como hipoclorito de sodio requieren un tiempo de trabajo suficiente para alcanzar su potencial. Se sabe que el contacto de NaOCl con dentina causa el agotamiento del cloro libre disponible, resultando en la degradación de proteínas, además de un aumento de la temperatura y los cambios en el nivel de pH (Monika et al., 2007).

El cloro, responsable de la disolución y de la capacidad antibacteriana de NaOCl, es inestable y se consume rápidamente durante la primera fase de disolución de tejido, probablemente dentro de 2 min; por lo tanto, los autores recomiendan que la reposición continua sea esencial. Los autores consideran que la introducción de los instrumentos rotatorios en endodoncia acelerando el proceso de la preparación debe fomentar la extensión. Sin embargo, la concentración y tiempo óptimos para que la solución de hipoclorito de sodio sea eficaz aún no ha sido definido.

### **Microdacyn 60®**

Solución de Súper-Oxidación (SSO) de pH neutro, Microdacyn 60®. Esta es una solución bactericida, virucida, fungicida y esporicida que es estable, no inflamable y no corrosiva, Se encuentra lista para usarse y no requiere de ninguna dilución o mezclado adicional. Tampoco requiere de manejo o desecho especializados y su vida media en anaquel es de 24 meses.

En México, este producto ha sido certificado como desinfectante-germicida y como antiséptico para uso humano. Los primeros estudios clínicos han mostrado que Microdacyn 60<sup>®</sup> puede desempeñar un papel muy importante en el tratamiento integral de diversas heridas, agudas y crónicas, como lo son: úlceras de pie diabético (UPD), úlceras varicosas y quemaduras de segundo y tercer grado, entre otras. Las aguas de súper-oxidación (SSO) son soluciones acuosas procesadas electroquímicamente, fabricadas a partir de agua pura. Durante este proceso de electrólisis, las moléculas de agua se rompen con la consecuente formación de iones y radicales libres. Si además se adiciona Cloruro de Sodio (NaCl -grado biológico-), éste se disocia también y da como resultado especies altamente reactivas

Durante los últimos 20 años, se ha demostrado la propiedad antimicrobiana de las SSO para diversos usos, sea como desinfectantes o antisépticos. Por ejemplo se han utilizado como desinfectantes para instrumentos y superficies inanimadas en hospitales (Gao Z et al., 2001). En la desinfección de endoscopios, además de ser efectivas, han reducido el tiempo, la toxicidad y el costo de desinfección de materiales. (Nelson et al., 2000). La literatura también ha descrito el uso de SSO para diversos problemas clínicos en humanos, como lo son: procesos infecciosos en piel y úlceras (Sekiya et al., 1997) así como la irrigación del mediastino después de cirugía a corazón abierto (Ohno et al., 2000), y el tratamiento de peritonitis y abscesos intraperitoneales (Inoue et al 1997). También se han recomendado para el lavado y la desinfección de manos en personal médico (Sakashita et al., 2002)

Según el proceso de fabricación, las SSO pueden ejercer actividad microbicida contra distintas cepas de *Escherichia coli*, *Salmonella typhi*, *S. enteritidis*, *Listeria monocytogenes*, *Mycobacterium avium intracellulare*, *M. tuberculosis* y *Cándida albicans* in vitro. (Tanaka et al., 1996).



Comparadas con otros desinfectantes comunes como el etanol, las SSO son capaces de eliminar esporas de *Bacillus anthracis* (anteriormente *B. subtilis*) y *B. cereus*. También se ha visto que las SSO de pH ácido pueden modificar la antigenicidad de la proteína superficial del virus de hepatitis B (VHB) así como la infectividad del virus de inmunodeficiencia humana (VIH-1) en forma dependiente de tiempo y concentración (Morita et al., 2000). Sin embargo, a pesar de las grandes ventajas que las SSO prometen, existen notables diferencias entre las diversas SSO probadas a la fecha ya que las hay de pH ácido, neutro y alcalinas. Es sabido que las diversas propiedades del agua electrolizada, como el pH, la concentración de cloro y el potencial de oxidación-reducción (ORP, oxidation-reduction potential), determinan la actividad germicida, la vida en anaquel y el potencial de corrosión de cada SSO.

Las SSO ácidas (pH 2-4) son agentes microbicidas activos como resultado de la alta cantidad de cloro libre activo (CLA), el cual es superior a las 650 ppm; desafortunadamente, las SSO ácidas son altamente corrosivas y muy inestables por lo que su vida en anaquel es extremadamente corta (horas) (Len et al., 2002). En contraste la concentración de CLA en las SSO disminuye dramáticamente conforme se incrementa el pH, desde la región ácida (pH 2.5) hasta la alcalina (pH > 9.0)<sup>17</sup>; no obstante, las SSO alcalinas también mantienen propiedades antimicrobianas aunque también son muy inestables y tal vez no sean tan eficaces como las SSO ácidas. A fin de mantener la actividad microbicida y de incrementar la compatibilidad tisular y la vida en anaquel, diversos autores han intentado la producción de SSO de pH neutro. (Nagamatsu et al., 2002).

Sin embargo, esta labor fue infructuosa hasta el año 2003 cuando una compañía de California logró, por primera vez, mantener estable y activa un agua de superoxidación de pH neutro (Microdacyn 60<sup>®</sup>) por más de 18 meses. Estas características alentaron a nuestro grupo a caracterizar el perfil de actividad y seguridad de Microdacyn 60<sup>®</sup> con la finalidad de utilizarla en el futuro manejo clínico de heridas. Los resultados de los estudios preclínicos demostraron un buen efecto antimicrobiano en Solución de Súper-Oxidación Microdacyn 60<sup>®</sup> in vitro así

como un excelente perfil de seguridad en estudios con animales. Gracias a estos resultados, doctores Mexicanos pudieron llevar a cabo los primeros estudios clínicos piloto en humanos incluyendo el tratamiento de pie diabético, úlceras varicosas, quemaduras, cuidado dental y peritonitis.

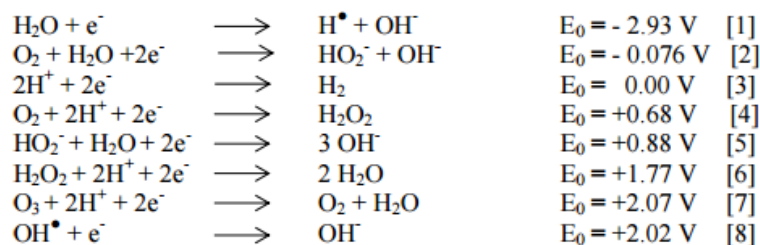
La mayoría de estos estudios ya han sido completados y los artículos están siendo revisados para su publicación, estos resultados alentadores han sido la base del diseño de nuevos estudios controlados para confirmar todas y cada una de las observaciones hechas. Microdacyn 60<sup>®</sup>, una novedosa Solución de Súper-Oxidación de pH neutro y estable Microdacyn 60<sup>®</sup> es una solución de súper-oxidación de PH neutro, no tóxica. Como ya se ha mencionado, las SSOs son típicamente un producto inestable. Sin embargo, la tecnología patentada de Microdacyn 60<sup>®</sup> está basada en la electrólisis y permite, además, retener selectivamente especies específicas para producir una solución de súper-oxidación que tiene una vida de anaquel de más de 18 meses y que es capaz de permanecer estéril activa y neutra hasta por 30 días después de abrirse.

## **Proceso de fabricación**

### **Electrólisis**

La electrólisis es un método de separación en el cual es posible descomponer un compuesto en su estado iónico a través de la aplicación de una corriente eléctrica. El electrodo cargado negativamente (cátodo) atrae a los iones positivos (cationes) mientras que el ánodo (electrodo con carga positiva) atrae a los aniones (iones negativos). La energía necesaria para separar a los iones e incrementar su concentración en los electrodos, proviene de una fuente de poder eléctrica que mantiene la diferencia de potencial entre los electrodos (Potencial estándar de reducción, E0). En los electrodos, los electrones son absorbidos o emitidos por los iones, formando concentraciones de los elementos o compuestos deseados. Debido a que en el SSO de Microdacyn 60<sup>®</sup> se tiene H<sub>2</sub>O y NaCl en la solución inicial, algunas de las especies que se pueden formar son las siguientes:

- Especies formadas por la separación iónica del agua.



Cuadro 1.

Estas ecuaciones no constituyen la lista completa, sin embargo dan ejemplos de algunas de las semi-reacciones que pueden ocurrir, siendo notable que muestran como la electrólisis del agua produce iones  $\text{H}^+$  y  $\text{OH}^-$ , radicales  $\text{H}^\bullet$  y  $\text{OH}^\bullet$  y especies neutras como  $\text{H}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{HO}_2$  y  $\text{O}_3$ .

Microdacyn 60® se fabrica utilizando procesos y equipos validados, de acuerdo con las Buenas Prácticas de Manufactura y cumple con las normas de calidad ISO 10993.

### Química de Microdacyn 60®

Las especificaciones generales del producto son:

- pH 6.2 – 7.8
- Potencial de oxidación-reducción > 800 mV
- Concentración de cloro libre activo = 30 – 85 ppm
- Osmolaridad = 13 mOsm/kg.
- Actividad microbicida: Reducción logarítmica >6 para esporas de *Bacillus atrophaeus* en suspensión con un tiempo de exposición de 10 min. Se realiza esta prueba ya que es sabido que *B. atrophaeus* es una de las formas bacterianas más resistentes al cloro<sup>20</sup>. El cloro libre activo (CLA) comprende esencialmente a

todas las especies de cloro que no están combinadas con amonio (u otros compuestos de nitrógeno) que pudieran formar cloraminas.

Solución de Súper-Oxidación Microdacyn 60®

Las especies químicas presentes en Microdacyn 60® son:

- Ácido hipocloroso (HClO)
- Hipoclorito de sodio (NaHClO<sub>3</sub>)
- Cloro (Cl<sub>2</sub>)
- Ozono (O<sub>3</sub>)
- Peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)
- Hidróxido de sodio (NaOH)
- Cloruro de sodio (NaCl)

### **Eficacia Antimicrobiana**

Se efectuaron diversas pruebas de eficacia antimicrobiana (bactericidas, fungicidas, virucidas y esporicidas) en México siguiendo las normas establecidas por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos (US-EPA, United States – Environmental Protection Agency) (Leen et al., 1981). Además de los lineamientos de la Norma Oficial Mexicana NMX-BB-040- SCFI-1999 para germicidas.

NAOCL contiene ClO-iones, que incrementa el potencial de corrosión. Mecanismos de corrosión pueden ser activados durante preparaciones químico-mecánicas, procesos de limpieza, desinfección química o esterilización. La corrosión de instrumentos de los instrumentos endodónticos tiene mucha influencia en su comportamiento clínico (Tripi et al., 2006).

### **Microdacyn 60® como Bactericida y Fungicida.**

Las pruebas de suspensión se efectuaron de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana. Tal y como se estipula en ésta, la exposición del germicida durante 30 segundos erradicó 99.999% de los cultivos de *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*. Aún más, Microdacyn 60 también demostró ser efectivo en 30 segundos en contra de *Salmonella typhi*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Cándida albicans* (Landa et al., 2004.)

Estos resultados fueron corroborados posteriormente por un laboratorio certificado como tercero en referencia para la Secretaría de Salud (CENCON, México).

### **Microdacyn 60® como Virucida.**

Se efectuó otra prueba en VIH-1 de acuerdo a la US EPA para actividad virucida. La reducción logarítmica viral requerida por esta norma para poder afirmar que es virucida se logró a los 5 minutos de exposición. (Loshon et al., 2001) En la prueba AOAC-Germ, por ejemplo, Microdacyn 60® logra una reducción  $> 7 \log 10$  de *Mycobacterium tuberculosis* en 5 minutos, y Solución de Súper-Oxidación Microdacyn 60® 7 por el método de dilución se logra una reducción de 5-6  $\log 10$  para MRSA y VRE en 10 minutos (prueba AOAC-UDM).

### **Mecanismo de Acción**

Debido a que la fórmula contiene especies reactivas e iones es fácil suponer que se presenten modificaciones proteicas como la carbonización y nitración además de la formación de aductos derivados de la peroxidación de lípidos. De hecho, diversos estudios han demostrado que Microdacyn 60® reacciona y desnaturaliza proteínas como la catalasa y la RNasa (MicroMed 2004). Rápidamente. En las bacterias, Microdacyn 60® desestabiliza la pared celular como consecuencia de la acción de los radicales libres y iones, y entonces la naturaleza hipotónica del Microdacyn 60® provoca un choque osmótico en la célula hasta que esta estalla. A pesar de lo ya mencionado, el mecanismo exacto de la acción de Microdacyn 60® está siendo investigado con mayor profundidad.

Esto no es sorprendente si se considera que ésta es una tecnología relativamente nueva y que las propiedades desinfectantes del cloro en una solución acuosa, por ejemplo, han sido estudiadas por los últimos 60 años, sin que se haya desarrollado una hipótesis clara de cómo erradica a los microorganismos (Seymour et al., 2001.)

Debido a que Microdacyn 60® contiene especies reactivas de cloro y oxígeno, es probable que esta mezcla sinergice el efecto desnaturalizador de las proteínas. De hecho, esta idea está apoyada por experimentos llevados a cabo por la compañía que comparan la eficacia y comportamiento de Microdacyn 60® con una solución acuosa diluida de cloro con pH ajustado. (Martínez et al., 2005).

Estos estudios muestran que, a pesar de que se logró el mismo pH, ORP y CLA entre las muestras de Microdacyn 60® y la solución de cloro ajustada en PH, Microdacyn 60® eliminó esporas de *B. atrophaeus* más rápidamente y produjo menos corrosión en aluminio que la solución de cloro ajustada en pH. Una diferencia interesante que se notó en la química fue que la solución de cloro ajustada en pH tenía sólo de un 20 a 50% del nivel de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> que se encuentra en Microdacyn 60®

## **Toxicidad**

Una de las principales preocupaciones en el uso de SSO para el tratamiento de heridas ha sido la potencial toxicidad de las mismas, la cual podría deteriorar el proceso de curación de la herida o lesionar órganos y tejidos. Por ello, la formulación de Microdacyn 60® utilizada en los estudios toxicológicos que se efectuaron en animales es la misma que la que se empleó posteriormente en todos los estudios clínicos. Hay dos amplias categorías de productos basados en Microdacyn 60® que son productos para “tratamiento de heridas” .También se evaluó toxicidad sistémica por administración oral en ratas. No se notó mortalidad y/o alteración en los signos clínicos o anomalías en necropsia macroscópica

en ningún animal expuesto a Microdacyn 60® en dosis única. La dosis letal 50 (LD50) por vía oral no se alcanzó y es superior a 4.98 mL/kg.

El potencial de sensibilización de piel de Microdacyn 60® se evaluó en cobayos empleando un método modificado del parche cerrado (Buehler). Esto es significativo porque dichos aductos son uno de los productos de oxidación del DNA más abundantes. Este tratamiento tampoco produjo fragmentación alguna del DNA genómico y la viabilidad de los fibroblastos permaneció superior al 70% después de 30 minutos de exposición (González-Espinosa y cols, 2005 en preparación).

Como punto de validación continua, Microdacyn 60® también recibió certificación de la comunidad Europea (CE KEMA) en el 2004 como un producto para el cuidado de heridas que sirve para humectar, irrigar, desbridar y disminuir la carga microbiana en heridas agudas y crónicas, quemaduras, abrasiones, úlceras y cortaduras. En los Estados Unidos de América, el fabricante Solución de Súper-Oxidación Microdacyn 60® 10 primero recibió la aprobación de la EPA como desinfectante para hospitales (2004). Ya en este año la Food and Drug Administración (FDA) (Administración de Alimentos y Fármacos) otorgó dos certificaciones a Microdacyn 60® que lo avalan como un producto para el cuidado de las heridas. Estudio clínicos de manejo de tratamiento de heridas En base a los perfiles antimicrobiano y de toxicidad arriba señalado, se concluyó razonablemente que los productos basados en Microdacyn 60® eran atóxicos y seguros para su uso humano como desinfectante de alto nivel y antiséptico. Una descripción de la actividad desinfectante está más allá del alcance de esta reseña y ha sido valorada con anterioridad. Aquí reportamos los resultados preliminares de los primeros estudios piloto efectuados en México durante el último año. (Martínez et al., 2004)

### **Perspectivas Microdacyn 60 ®**

El uso de SSOs como desinfectantes y antisépticos en el tratamiento de heridas es un concepto de vanguardia. Se ha demostrado que Microdacyn 60® es la primera SSO estable y disponible comercialmente, que además ha demostrado ser un antimicrobiano eficaz tanto en experimentos in vitro, como en modelos animales y en estudios clínicos en humanos. Su efecto humectante y el alto perfil de seguridad que ha mostrado, hacen que esta SSO sea una buena elección para el manejo de heridas agudas y crónicas. Aún quedan por realizarse nuevos estudios controlados para corroborar los efectos antimicrobianos y pro-cicatrizantes de Microdacyn 60® aquí señalados. No obstante, estos primeros estudios clínicos además de los múltiples testimoniales de médicos Mexicanos que han usado Microdacyn® en miles de pacientes, sugieren que este nuevo producto y la tecnología detrás de él, ofrecen un nuevo y amplio Solución de Súper-Oxidación Microdacyn 60® paradigma para la prevención y tratamiento de las heridas (Venkitanarayanan et al., 1999)

## **Microscopia Electrónica de Barrido**

### **Principios Básicos SEM**

La posibilidad de observar muestras íntegras y en sus tres dimensiones mediante la microscopía electrónica, fue hecha realidad con la aparición del microscopio electrónico de scanning (SEM) o de barrido, en el año 1965. Sin embargo, los conceptos básicos para este tipo de microscopía fueron propuestos por Knoll en 1935, tres años después de que Ruska y Knoll lo hicieran para el microscopio electrónico de transmisión (TEM). (Zach et al., 1992)

Mientras que en el desarrollo de este último se hicieron grandes y rápidos progresos hasta el punto de que en 1939 Siemens y Halske comercializaron el primer TEM, la microscopía de barrido tendría que esperar hasta que en 1965, la Cambridge Instrument Co. lanzase el primer SEM. Desde entonces hasta la fecha, este tipo de microscopía ha avanzado rápidamente constituyéndose en una técnica imprescindible en distintos tipos de estudio, tanto sobre material biológico como en el campo inorgánico (Muller et al., 1992)



## **Características S.E.M.**

El fundamento del SEM radica en que los electrones emitidos por un cátodo de tungsteno pasan a través de una columna en la que se ha hecho un vacío de alrededor de  $10^{-7}$  Torr. En ella, el haz inicial es concentrado por una serie de lentes electromagnéticas (condensadora, objetivo) desde unos 25.000-50.000 nm hasta unos 10 nm; es decir, su diámetro va disminuyendo hasta hacerse casi puntual. Al mismo tiempo, la intensidad de corriente se disminuye desde unos  $10^{-14}$  A hasta unos  $10^{-12}$  A. Esta disminución en la intensidad implica una menor cantidad de electrones primarios ya que la intensidad inicial de  $10^{-14}$  A supone una emisión de  $10^{15}$  e-/seg, mientras que en la definitiva, de  $10^{-12}$  A, es de  $6 \cdot 10^6$  e-/se. El haz electrónico con estas últimas características, es decir puntual, es desplazado sobre toda la superficie de la muestra a modo de un pincel que iría barriendo la muestra con continuas idas y venidas. Esta motilidad del haz se consigue gracias a un sistema de bobinas de barrido situadas en la columna del instrumento (Murphy et al., 1980)

En la interacción del haz electrónico con la superficie se producen e- secundarios que, tras ser captados por un detector, son hechos incidir sobre un "scintillator", donde cada e- dará origen a varios fotones. Dichos fotones son dirigidos hasta un fotomultiplicador a través del cañón de luz y, ya en aquél, cada fotón dará origen a un fotoelectrón que, a través de una serie de dinodos con diferencias de potencial crecientes produce, mediante un efecto en cascada, gran cantidad de e- secundarios. (Goodhew et al., 2001).

## **Fundamentos SEM**

Debido a que el límite de amplificación de un microscopio óptico está restringido por la longitud de onda de la luz visible; los microscopios electrónicos emplean electrones, que tienen una longitud de onda mucho menor que la de la luz y pueden revelar estructuras mucho más finas. La longitud de onda más corta de la luz visible es de alrededor de  $4.000 \text{ \AA}$  ( $1 \text{ \AA} = 1 \times 10^{-10} \text{ m}$ ). La longitud de onda

de los electrones que se utilizan en los microscopios electrónicos es de de 0,5 Å aproximadamente. (Goldstein et al., 1992.)

La microscopía electrónica de barrido (MEB) es una técnica de análisis superficial, que consiste en enfocar sobre una muestra electrodensa (opaca a los electrones) un fino haz de electrones acelerado con energías de excitación desde 0.1kV hasta 30kV. El haz de electrones se desplaza sobre la superficie de la muestra realizando un barrido que obedece a una trayectoria de líneas paralelas. La variación morfológica de la muestra entrega diversas señales (electrones secundarios, electrones retrodispersados, emisión de rayos X, etc.) que son recogidas por distintos detectores; los cuales permiten la observación, caracterización y microanálisis superficial de materiales tanto orgánicos como inorgánicos. (Goodhew et al., 2001).

## **Funcionamiento SEM**

Un microscopio electrónico de barrido funciona con un haz de electrones producido por una fuente de electrones que puede ser un cañón termoiónico (filamento de tungsteno o de hexaboruro de lantano) o un cañón de emisión de campo FEG, de las siglas en inglés Field Emission Gun.

Al cañón se le aplica un potencial eléctrico que acelera el haz de electrones hacia la columna, éste es focalizado por medio de lentes electromagnéticas sobre la muestra (toda la trayectoria de los electrones debe estar en vacío, de lo contrario, los electrones colisionarían con las moléculas de aire y serán absorbidos). Los electrones chocan e interactúan con la muestra produciendo varias señales que podrán ser recogidas de acuerdo a los detectores presentes. La amplificación de la imagen se produce por un conjunto de lentes electromagnéticas que mediante un tratamiento adecuado de las señales electrónicas son proyectadas en un tubo de rayos catódicos (CRT). (López et al., 1996)

Interacción del haz con la muestra:

Cuando los electrones colisionan con la muestra se producen varios fenómenos:

1. **Electrones secundarios:** La propia muestra emite electrones secundarios debido a la colisión con el haz incidente para generar imágenes tridimensionales de alta resolución SEI (Secondary Electron Image), la energía de estos electrones es muy baja, inferior a 50 eV, por lo que los electrones secundarios provienen de los primeros nanómetros de la superficie.
2. **Electrones retrodispersados:** Algunos electrones primarios son reflejados o retrodispersados tras interactuar con los átomos de la muestra. La intensidad de emisión de estos electrones está directamente relacionada con el número atómico medio de los átomos de la muestra ( $Z$  promedio), así los átomos más pesados producen mayor cantidad de electrones retrodispersados, permitiendo la obtención de imágenes planas de composición y topografía de la superficie BEI (Backscattered Electron Image). (López et al., 1996)
3. **Absorción de electrones:** La muestra absorbe electrones en función del espesor y la composición; esto produce la diferencia de contraste en la imagen.
4. **Emisión de rayos X:** Cuando los electrones de niveles internos son expulsados por la interacción de los electrones primarios, habrá transiciones entre los niveles de energía con emisión de rayos X, esta energía y longitud de onda están relacionadas con la composición elemental del espécimen, permitiendo realizar análisis químicos mediante espectroscopía por dispersión de energía y de longitud de onda (EDS y WDS).
5. **Emisión de electrones Auger:** Cuando un electrón es expulsado de un átomo, otro electrón más externo puede saltar hacia el interior para llenar esta vacancia resultando en un exceso de energía. Esta energía extra puede ser

liberada emitiendo un nuevo electrón de la capa más externa (electrón Auger). Son utilizados para obtener información sobre la composición de pequeñísimas partes de la superficie de la muestra.

Todas estas señales están relacionadas entre sí y dependen en gran medida de la topografía, el número atómico y el estado químico de la muestra; por lo tanto, un MEB suministra información morfológica, topográfica y composicional de las superficies de las muestras. (González et al., 1966.)

### **Ventajas del MEB:**

1. Su gran profundidad de campo que le da apariencia tridimensional a las imágenes permitiendo enfocar y observar amplias zonas de la muestra al mismo tiempo.
2. Puede producir imágenes de alta resolución (de hasta 3 nm), es decir, que detalles muy cercanos en la muestra pueden ser observados separadamente a alta magnificación.
3. La relativamente sencilla preparación de las muestras.
4. Se pueden observar muestras de tamaños desde centímetros hasta muestras del orden de nanómetros.

### III. METODOLOGÍA

Se realizó un estudio de tipo observacional y comparativo cuyo objetivo general fue determinar el desgaste por pérdida de masa en limas endodónticas de Níquel Titanio utilizando Microdacyn 60<sup>®</sup> versus NaOCl al 5.25 % para su desinfección. Para dicho estudio el tamaño de la muestra fue de 10 limas de Níquel Titanio: 2 limas SM3 TF Adaptive<sup>®</sup> nuevas, 2 limas SM3 TF Adaptive<sup>®</sup> con 2 usos en molares, 2 limas Sm3 TF Adaptive<sup>®</sup> con 4 usos en molares, 2 limas K3XF<sup>®</sup> nuevas, 1 lima Hyflex<sup>®</sup> nueva y 1 lima White<sup>®</sup> nueva. Se excluyeron limas endodónticas de Níquel Titanio que no fueran rotatorias, así como limas que pertenecieran a otras casas comerciales que no fueron seleccionadas para el estudio. En este estudio no se eliminó ninguna lima, todas cumplieron el objetivo de la investigación hasta los resultados finales.

Las limas seleccionadas fueron sometidas a la acción del NaOCl al 5.25 % y del Microdacyn 60<sup>®</sup> durante 7 días en intervalos de 24 horas aproximadamente. Los efectos físicos y químicos de los desinfectantes fueron seguidos mediante la medición de cambios de masa en las limas usando una microbalanza analítica modelo Mettler XP6 y por medio del microscopio electrónico de barrido Modelo JEOL JXA 8200 con sistema automatizado de micronálisis con detectores EDS/WDS combinados. Este estudio se realizó en los laboratorios de caracterización de partículas C008, laboratorio C003 de microanálisis del edificio C y laboratorio Q-020 del Centro Nacional de Metrología.

#### **1.- Preparación de las limas:**

Al tener la muestra de limas necesarias para el estudio se realizó un corte con pinzas alicatas en la parte superior de cada lima para eliminar los códigos de pintura con las cuales se distinguen para conocer su calibre, esto también sirvió para lograr que las muestras ingresaran al microscopio electrónico de barrido JEOL JXA 8200 sin ninguna interferencia.



Figura 1 Corte de las limas



Figura 2. Parte activa y de estudio de las limas

## **2.- Limpieza de las limas:**

Se colocaron en un recipiente con agua jabonosa bajo el Disruptor ultrasónico, marca Branson, modelo Sonifier 450 del laboratorio de caracterización de partículas C008 durante 5 minutos, para lograr una correcta limpieza de cada lima y no contar con restos de materiales adheridos a las limas que pudieran modificar el peso verdadero en la hora del pesaje inicial.



Figura 3. Disruptor ultrasónico



Figura 4. Disruptor ultrasónico II



Figura 5. Laboratorio C003 de Microanálisis CENAM

### **3.- Microscopia Electrónica de Barrido**

Se colocaron las limas endodónticas en un porta muestras para poder ingresar al microscopio y se tomaron las primeras imágenes de las puntas de cada instrumento a una magnificación de X500, después se capturó la imagen de los últimos 5 mm de cada lima con una magnificación a X200 y por ultimo un alejamiento de la imagen a X35, Esto para estandarizar las tomas de cada lima, previo a ser sometidas a los desinfectantes, así como también se les asigno un numero al entrar al microscopio para ser identificadas individualmente. Quedando en el siguiente orden:



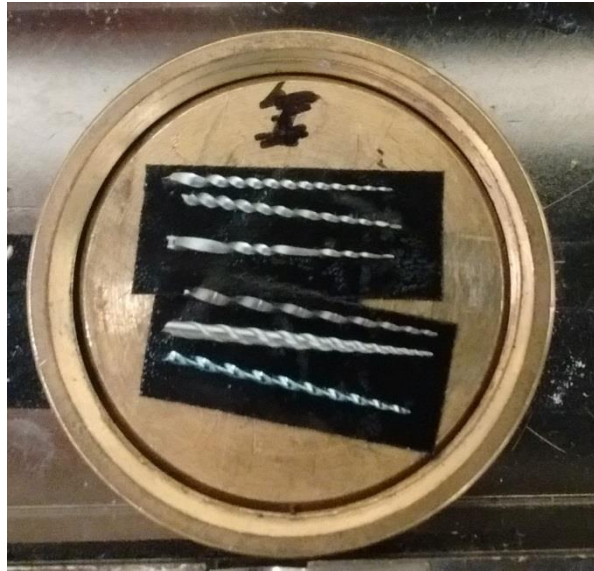


Figura 6. Porta limas

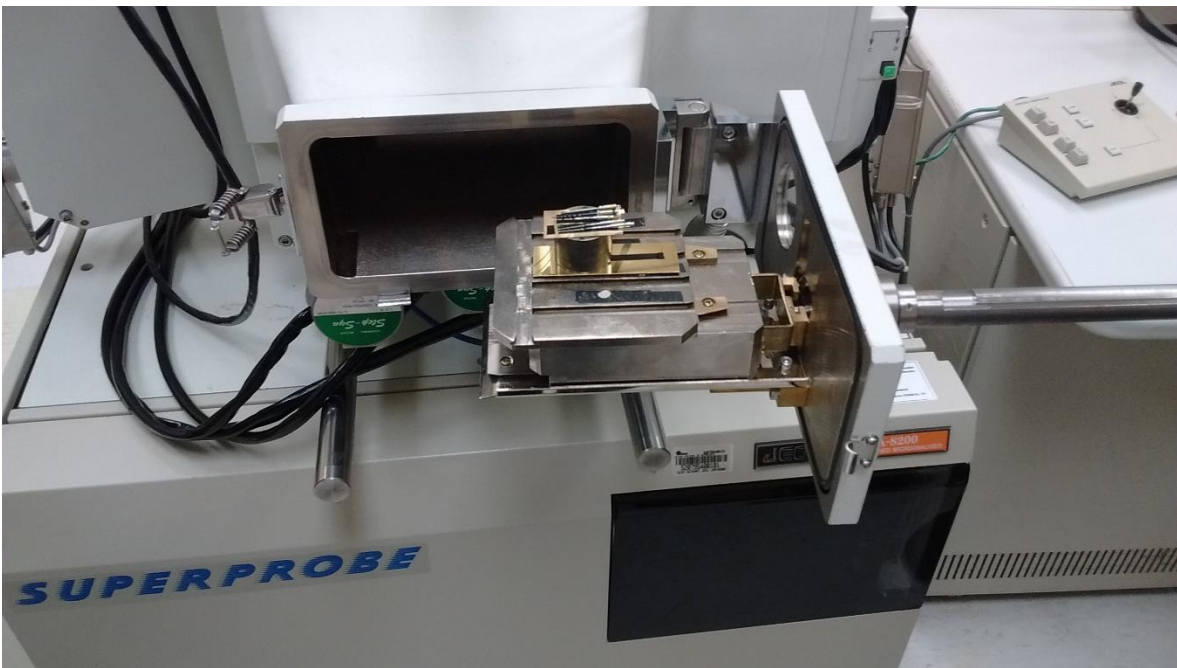


Figura 7. Limas acomodadas para entrar al microscopio

NaOCl al 5.25 %					
SM3/NUEVA	SM3/MEDIA	SM3/VIEJA	HYFLEX/NUEVA	K3XF/NUEVA	WHITE
1	2	3	4	5	6

Microdacyn 60 <sup>®</sup>			
SM3/NUEVA	SM3/MEDIA	SM3/VIEJA	K3XF NUEVA
1	2	3	4

Las imágenes capturadas en esta primera etapa se muestran a continuación.

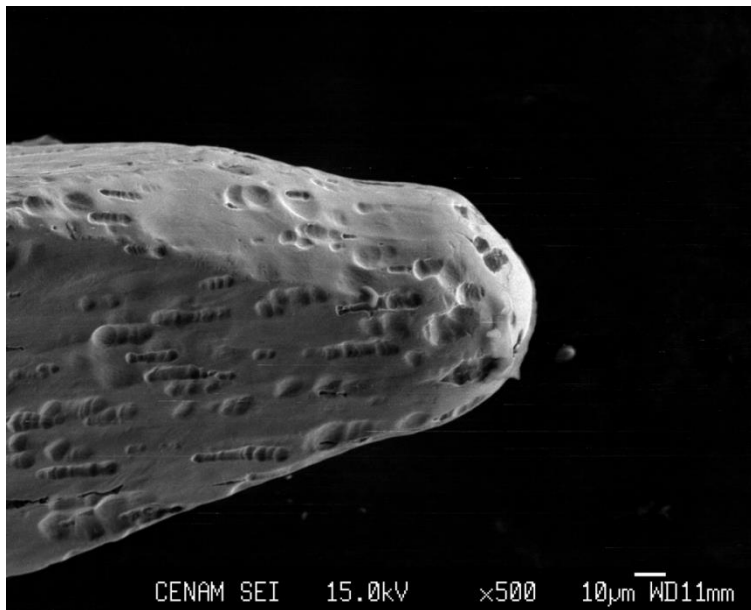


Figura 8. SM3 NUEVA X500

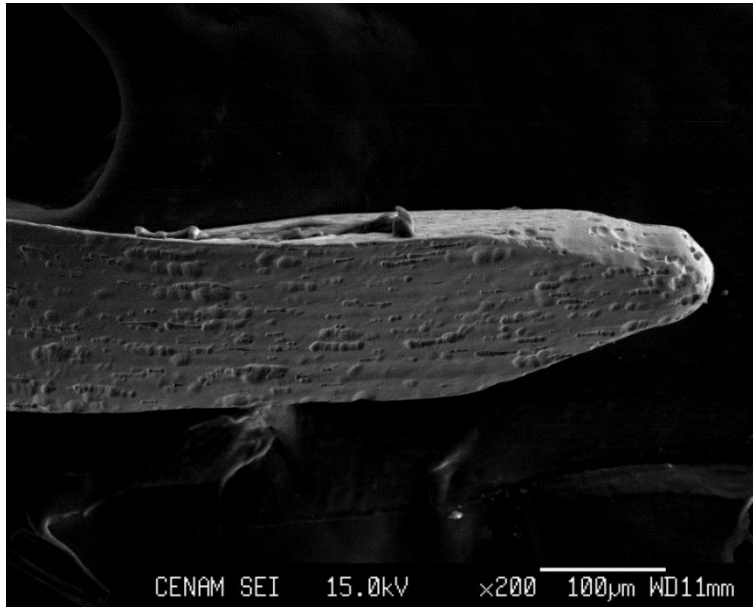


Figura 9. SM3 NUEVA X200

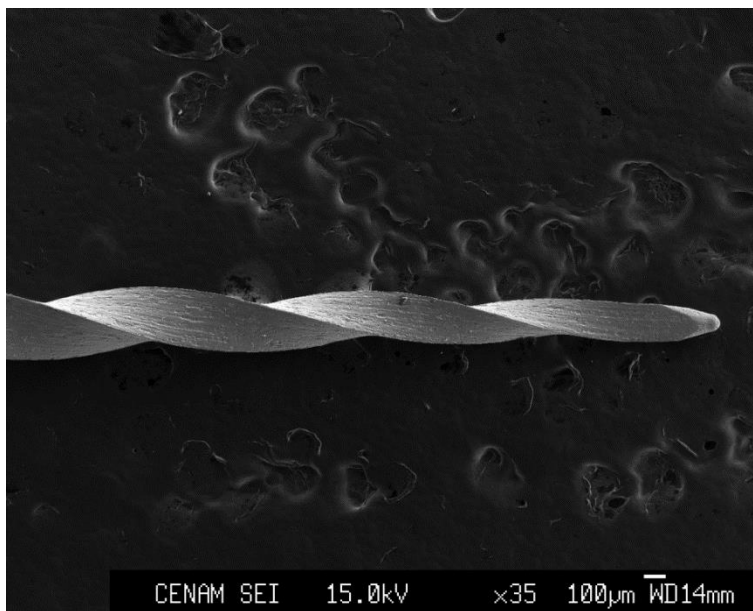


Figura 10. SM3 NUEVA X 35

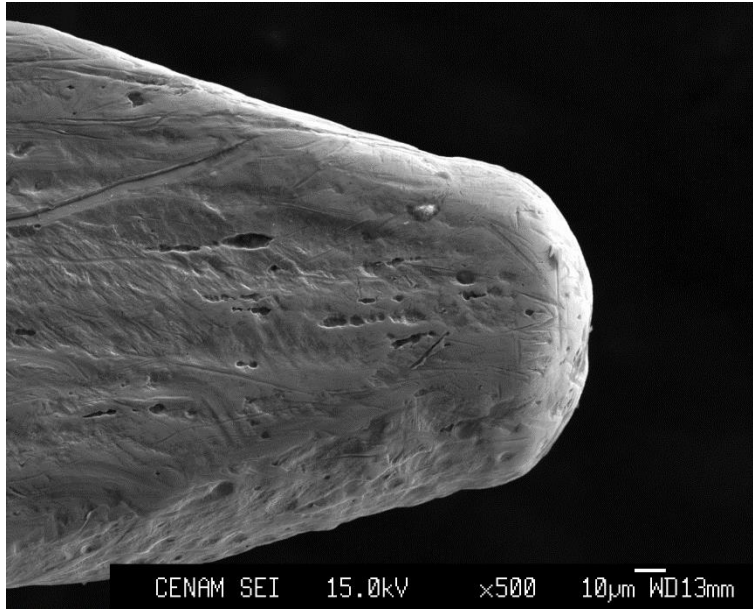


Figura 11. SM3 MEDIA X500

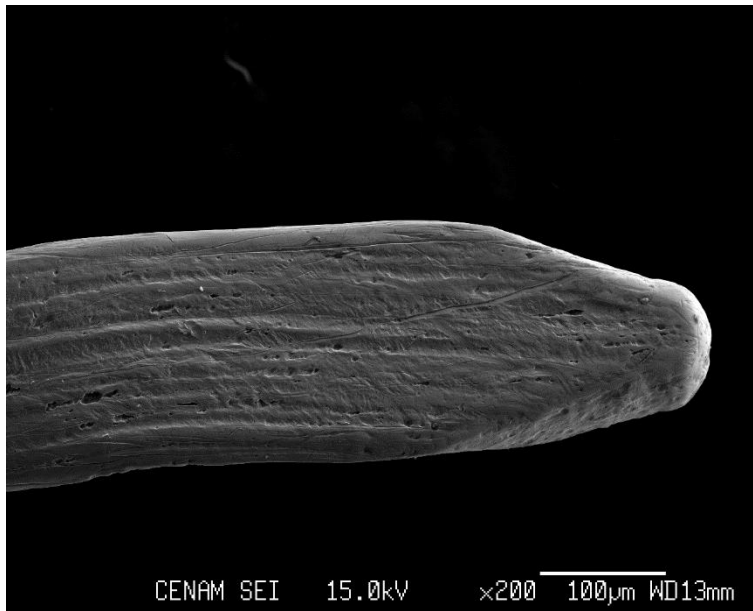


Figura 12. SM3 MEDIA X200

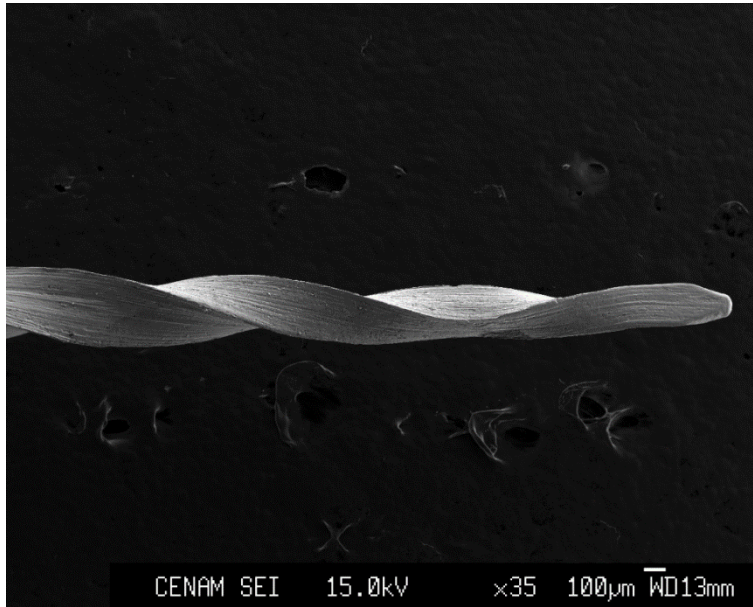


Figura 13. SM3 MEDIA X35



Figura 14. SM3 VIEJA X500



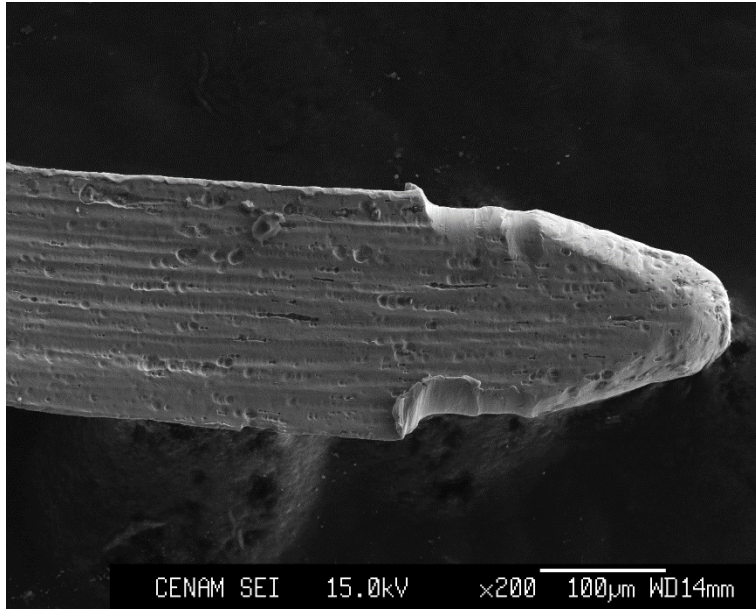


Figura 15. SM3 VIEJA X200

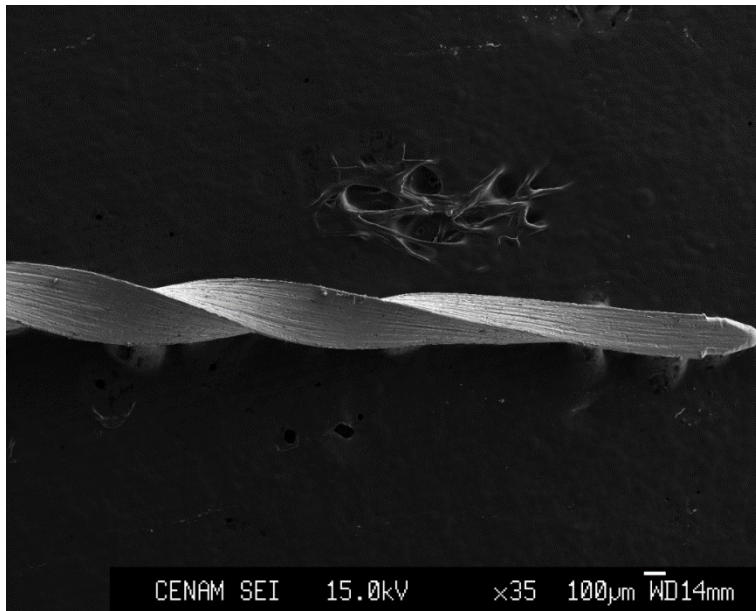


Figura 16. SM3 VIEJA X35

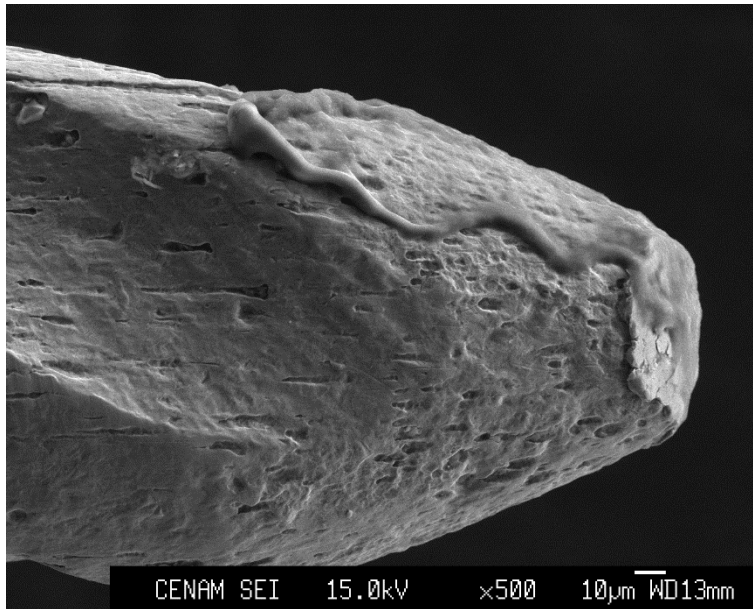


Figura 17. K3XF X500

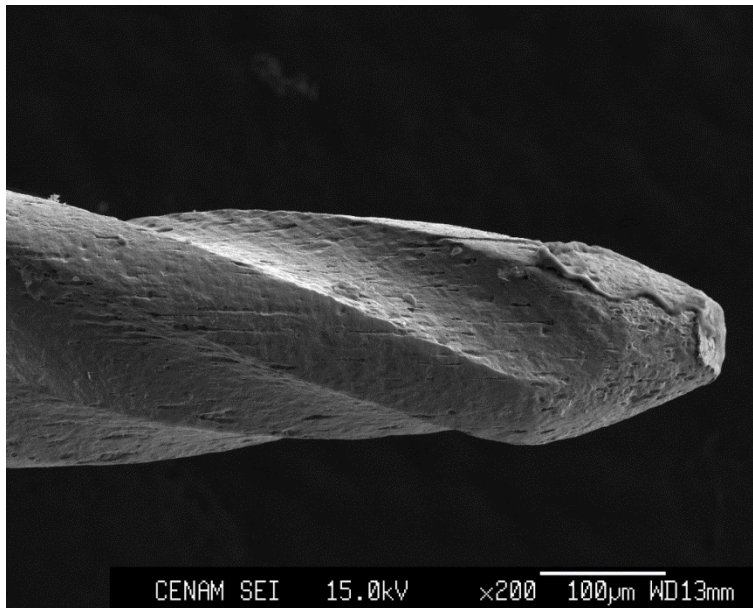


Figura 18. K3XF X200

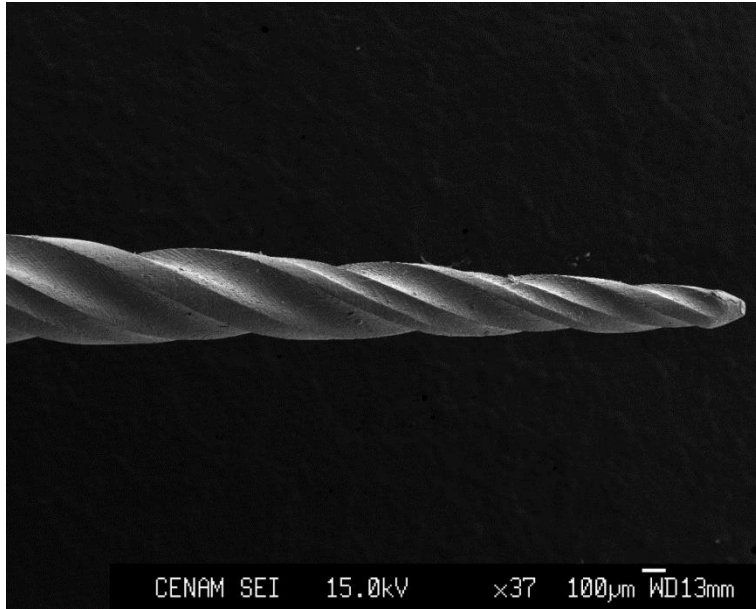


Figura 19. K3XF X37

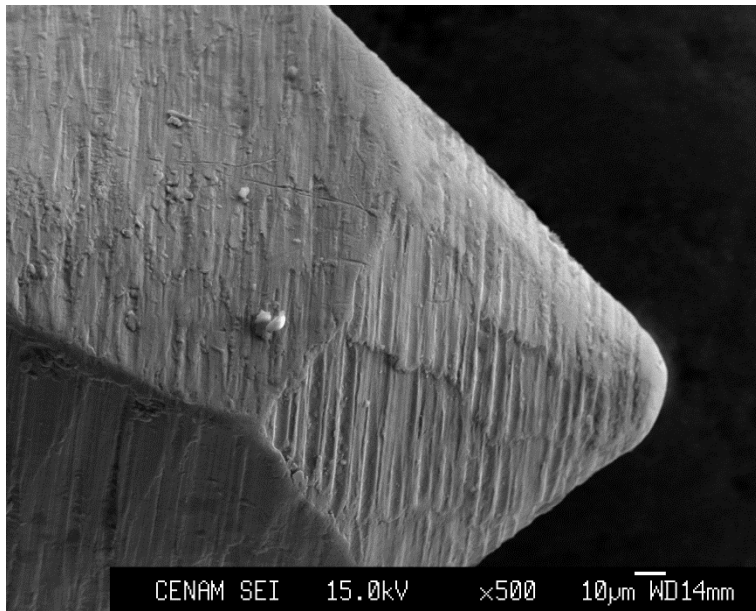


Figura 20. HYFLEX X500



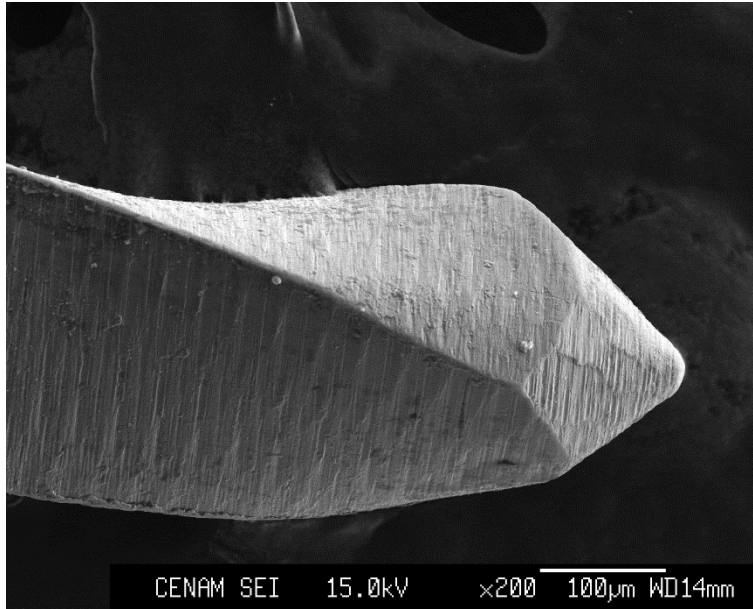


Figura 21. HYFLEX X200

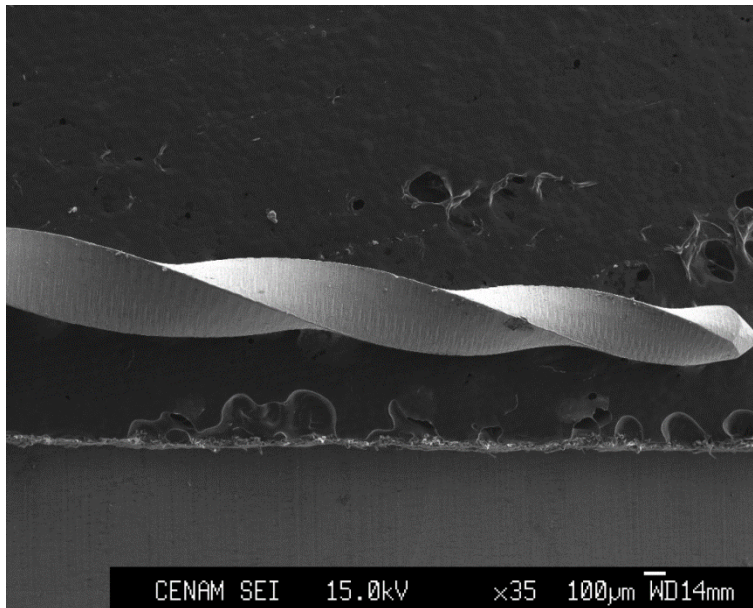


Figura 22. HYFLEX X35

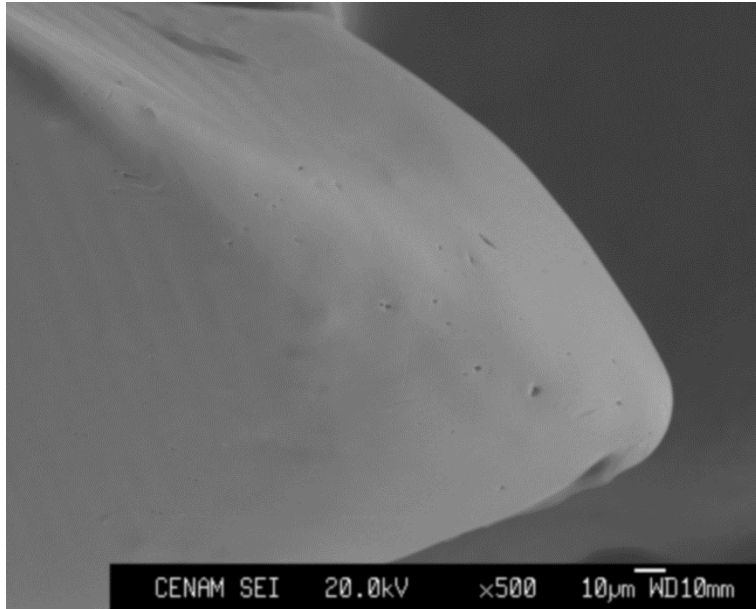


Figura 23. WHITE X500

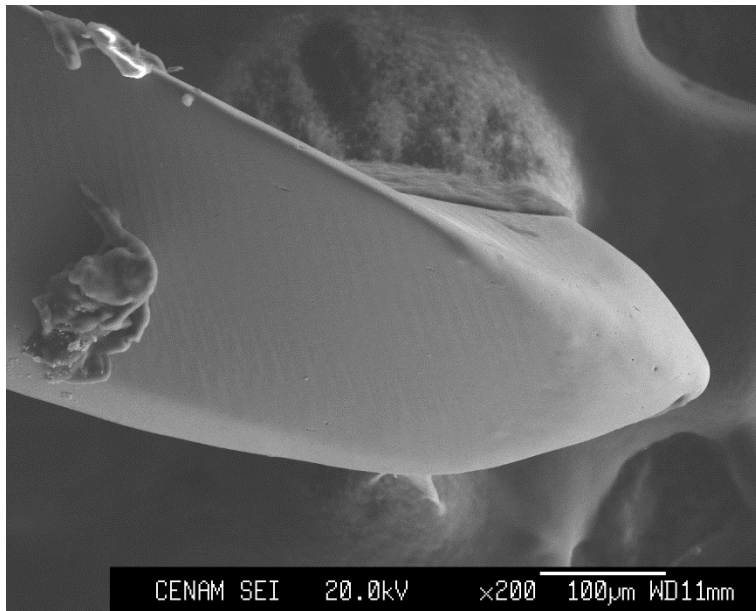


Figura 24. WHITE X500

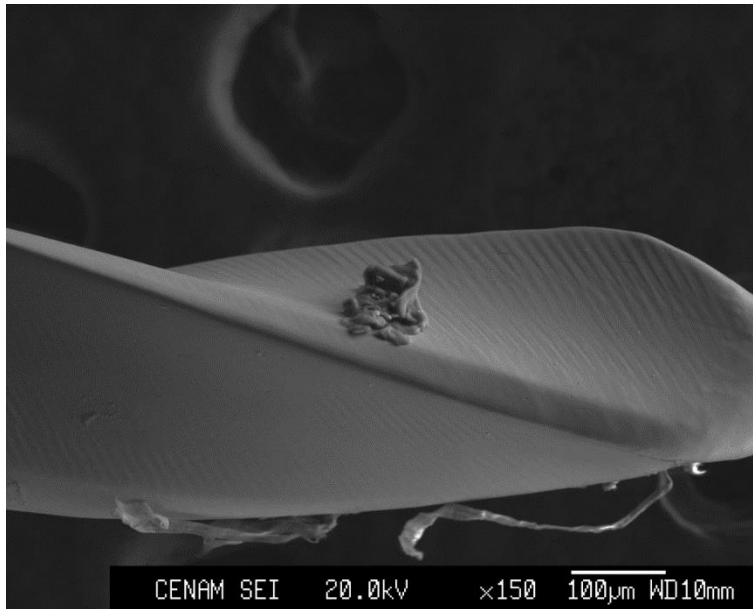


Figura 25. WHITE X150

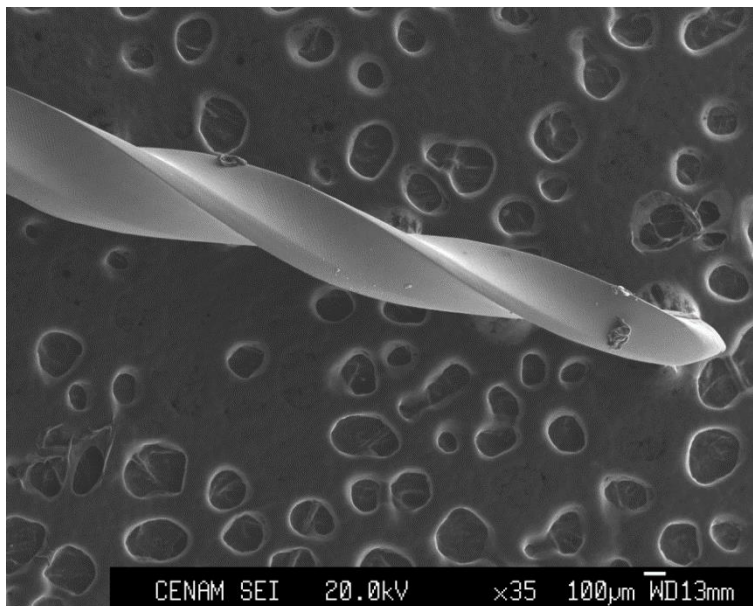


Figura 26. WHITE X35

#### 4.- Determinación de masa de las limas de Níquel Titanio

Las limas se llevaron al laboratorio Q-020, en donde es necesario al ingresar registrar la temperatura inicial (°C) del laboratorio, la humedad (%) y la presión atmosférica (hPa) del mismo para no tener interferencias en el peso.

Se inició el pesaje calibrando la balanza analítica y verificando los patrones establecidos con pesos de 10 mg y 20 mg, al verificar que la balanza proporcione los datos correctos se inició el pesaje de las limas, registrando el peso obtenido en una base de datos. Al finalizar se corroboró la balanza analítica utilizando los patrones establecido de 10 mg y 20 mg.

Las limas fueron llevadas a las sustancias desinfectantes correspondientes por primera vez y ahí permanecieron durante 24 horas para después ser llevadas de nuevo al laboratorio en donde luego de registrar todos los datos previamente mencionados se volvieron a pesar y se registraron las nuevas cifras, este procedimiento se llevó a cabo durante 7 días.

CUADRO 2. Limas expuestas a NaOCl al 5.25 % MASA INICIAL 6 JUNIO 16						
Verificación de la Balanza	Temperatura 20.01 ° C		Patrón 1 inicial : 20.002 Patrón 1 final: 20.001		Patrón 2 inicial:10.002 Patrón 2 final:10.003	
Laboratorio de balanzas	Temperatura 1: 20.19°C Temperatura 2: 20.14°C		Humedad 1: 49.68 % Humedad 2: 50.04 %		Presión atmosférica: 804.65 hPa Presión atmosférica: 809.29 hPa	
Lima 1	10.987	10.987	10.985	10.988	10.987	10.987
Lima 2	10.863	10.861	10.863	10.862	10.861	10.862
Lima 3	11.657	11.657	11.658	11.657	11.657	11.657
Lima 4	14.511	14.511	14.512	14.512	14.511	14.511
	44.673	44.673	44.675	44.674	44.673	44.674
	14.933	14.934	14.934	14.934	14.935	14.934

Cuadro 3. Limas expuestas a NaOCl al 5.25 % 7 JUNIO 16				
Retiro de limas contenidas en hipoclorito	14 h 30	14.5	Tiempo de exposición (hrs)	23.8

Verificación de la Balanza	Temperatura 20.06 ° C	Patrón 1 inicial : 20.003 Patrón 1 final: 20.001	Patrón 2 inicial:10.002 Patrón 2 final:10.003
Laboratorio de balanzas	Temperatura 1: 19.88°C Temperatura 2: 20.14°C	Humedad 1: 47.71% Humedad 2: 49.04 %	Presión atmosférica: 804.65 hPa Presión atmosférica: 806.29 hPa
Lima 1	10.988	10.987	10.987
Lima 2	10.859	10.858	10.859
Lima 3	11.656	11.655	11.655
Lima 4	14.51	14.51	14.51
Lima 5	44.672	44.672	44.671
Lima 6	14.932	14.932	14.932

Cuadro 4. Limas expuestas a NaOCl al 5.25 % 8 JUNIO 16			
Retiro de limas contenidas en hipoclorito	17 h 21	17.35	Tiempo de exposición (hrs) 22.15
Verificación de la Balanza	Temperatura 20.06 ° C	Patrón 1 inicial : 20.003 Patrón 1 final: 20.001	Patrón 2 inicial:10.002 Patrón 2 final:10.003
Laboratorio de balanzas	Temperatura 1: 20.19°C Temperatura 2: 20.14°C	Humedad 1: 49.68% Humedad 2: 50.04 %	Presión atmosférica: 804.65 hPa Presión atmosférica: 809.29 hPa
Lima 1	10.987	10.987	10.987
Lima 2	10.856	10.858	10.858
Lima 3	11.655	11.656	11.655
Lima 4	14.511	14.511	14.511
Lima 5	44.673	44.673	44.671
Lima 6	14.932	14.933	14.932

Cuadro 5. Limas expuestas a NaOCl al 5.25 % 9 JUNIO 16					
Retiro de limas contenidas en hipoclorito		15 h 10	15.166	Tiempo de exposición (hrs)	21.9166
Verificación de la Balanza	Temperatura 20.01 ° C		Patrón 1 inicial : 20.003 Patrón 1 final: 20.001		Patrón 2 inicial:10.002 Patrón 2 final:10.003
Laboratorio de balanzas	Temperatura 1: 19.06°C Temperatura 2: 20.14°C		Humedad 1: 51.02% Humedad 2: 50.04 %		Presión atmosférica: 806.07 hPa Presión atmosférica: 809.29 hPa
Lima 1	10.987	10.987	10.987	10.987	
Lima 2	10.859	10.858	10.859	10.859	
Lima 3	11.656	11.656	11.656	11.656	
Lima 4	14.512	14.511	14.51	14.511	
Lima 5	44.672	44.672	44.673	44.672	
Lima 6	14.933	14.932	14.932	14.932	

Cuadro 6. Limas expuestas a NaOCl al 5.25 % 10 JUNIO 16					
Retiro de limas contenidas en hipoclorito		15 h 10	15.166	Tiempo de exposición (hrs)	21.9166
Verificación de la Balanza	Temperatura 20.01 ° C		Patrón 1 inicial : 20.003 Patrón 1 final: 20.001		Patrón 2 inicial:10.002 Patrón 2 final:10.003
Laboratorio de balanzas	Temperatura 1: 19.06°C Temperatura 2: 20.14°C		Humedad 1: 51.02% Humedad 2: 50.04 %		Presión atmosférica: 806.07 hPa Presión atmosférica: 809.29 hPa
Lima 1	10.987	10.987	10.987	10.987	
Lima 2	10.859	10.858	10.859	10.859	
Lima 3	11.656	11.656	11.656	11.656	
Lima 4	14.512	14.511	14.51	14.511	
Lima 5	44.672	44.672	44.673	44.672	
Lima 6	14.933	14.932	14.932	14.932	

Cuadro 7. Limas expuestas a NaOCl al 5.25 % 13 JUNIO 16					
Retiro de limas contenidas en hipoclorito		13 h 30	13.5	Tiempo de exposición (hrs)	20.433
Verificación de la Balanza	Temperatura 20.01 ° C		Patrón 1 inicial : 20.003 Patrón 1 final: 20.001	Patrón 2 inicial:10.002 Patrón 2 final:10.003	
Laboratorio de balanzas	Temperatura 1: 19.06°C Temperatura 2: 20.14°C		Humedad 1: 51.02% Humedad 2: 50.04 %	Presión atmosférica: 806.07 hPa Presión atmosférica: 809.29 hPa	
Lima 1	10.988	10.987	10.987	10.987	
Lima 2	10.857	10.859	10.858	10.858	
Lima 3	11.655	11.655	11.655	11.655	
Lima 4	14.511	14.509	14.511	14.510	
Lima 5	44.683	44.684	44.682	44.683	
Lima 6	14.932	14.932	14.931	14.932	

Cuadro 8. Limas expuestas a Microdacyn 60 14 JUNIO 16					
Retiro de limas de microdacyn 60 <sup>®</sup>		14 h 05	14.083	Tiempo de exposición (hrs)	9.916
Verificación de la Balanza	Temperatura 20.01 ° C		Patrón 1 inicial : 20.001 Patrón 1 final: 20.002	Patrón 2 inicial:10.003 Patrón 2 final:10.003	
Laboratorio de balanzas	Temperatura 1: 19.09°C Temperatura 2: 20.14°C		Humedad 1: 51.02% Humedad 2: 50.04 %	Presión atmosférica: 806.07 hPa Presión atmosférica: 809.29 hPa	
Lima 1	10.029	10.028	10.029	10.029	
Lima 2	18.098	18.097	18.097	18.097	
Lima 3	36.913	36.913	36.913	36.913	
Lima 4	28.817	28.817	28.817	28.817	

Cuadro 9. Limas expuestas a Microdacyn 60 15 JUNIO 16				
Retiro de limas de microdacyn 60 <sup>®</sup>	12 h 10	12.16	Tiempo de exposición (hrs)	22.0833
Verificación de la Balanza	Temperatura 20.01 ° C	Patrón 1 inicial : 20.001 Patrón 1 final: 20.002	Patrón 2 inicial:10.003 Patrón 2 final:10.003	
Laboratorio de balanzas	Temperatura 1: 19.09°C Temperatura 2: 20.14°C	Humedad 1: 51.02% Humedad 2: 50.04 %	Presión atmosférica: 806.07 hPa Presión atmosférica: 809.29 hPa	
Lima 1	10.028	10.027	10.027	10.027
Lima 2	18.095	18.094	18.093	18.094
Lima 3	36.911	36.912	36.912	36.912
Lima 4	28.816	28.816	28.816	28.816

Limas expuestas a Microdacyn 60 MASA INICIAL 16 JUNIO 16				
Retiro de limas de microdacyn 60 <sup>®</sup>	12 h 50	12.833	Tiempo de exposición (hrs)	22.8333
Verificación de la Balanza	Temperatura 20.02 ° C	Patrón 1 inicial : 20.003 Patrón 1 final: 20.002	Patrón 2 inicial:10.001 Patrón 2 final:10.003	
Laboratorio de balanzas	Temperatura 1: 19.87°C Temperatura 2: 20.2°C	Humedad 1: 50.37 % Humedad 2: 50.04 %	Presión atmosférica: 808.39 hPa Presión atmosférica: 809.29 hPa	
Lima 1	10.029	10.028	10.027	10.028
Lima 2	18.094	18.094	18.094	18.094
Lima 3	36.911	36.911	36.912	36.911
Lima 4	28.816	28.816	28.817	28.816

Cuadro 11. Limas expuestas a Microdacyn 60 17 JUNIO 16				
--	--	--	--	--



Retiro de limas de microdacyn 60 <sup>®</sup>		15 h 08	15.13	Tiempo de exposición (hrs)	23
Verificación de la Balanza	Temperatura 19.4 ° C		Patrón 1 inicial : 20.02 Patrón 1 final: 20.002	Patrón 2 inicial:10.004 Patrón 2 final:10.003	
Laboratorio de balanzas	Temperatura 1: 19.5°C Temperatura 2: 19.62°C		Humedad 1: 51.43 % Humedad 2: 50.72 %	Presión atmosférica: 808.39 hPa Presión atmosférica: 807.66 hPa	
Lima 1	10.028	10.028	10.028	10.028	
Lima 2	18.096	18.094	18.094	18.095	
Lima 3	36.913	36.912	36.912	36.912	
Lima 4	28.818	28.818	28.817	28.818	

Cuadro 12. Limas expuestas a Microdacyn 60 20 JUNIO 16					
Retiro de limas de microdacyn 60 <sup>®</sup>		15 h 25	15.41	Tiempo de exposición (hrs)	22.75
Verificación de la Balanza	Temperatura 19.2 ° C		Patrón 1 inicial : 20.002 Patrón 1 final: 20.003	Patrón 2 inicial:10.003 Patrón 2 final:10.002	
Laboratorio de balanzas	Temperatura 1: 18.44°C Temperatura 2: 18.92°C		Humedad 1: 53.99 % Humedad 2: 52.77 %	Presión atmosférica: 808.63 hPa Presión atmosférica: 809.63 hPa	
Lima 1	10.027	10.028	10.027	10.027	
Lima 2	18.095	18.095	18.094	18.095	
Lima 3	36.913	36.914	36.913	36.913	
Lima 4	28.819	28.818	28.818	28.818	

Cuadro 13. Limas expuestas a Microdacyn 60 21 JUNIO 16					
Retiro de limas de microdacyn 60®		15 h 20	15.33	Tiempo de exposición (hrs)	22.33
Verificación de la Balanza	Temperatura 19.2 ° C		Patrón 1 inicial : 20.002 Patrón 1 final: 20.002	Patrón 2 inicial:10.003 Patrón 2 final:10.002	
Laboratorio de balanzas	Temperatura 1: 19.11°C Temperatura 2: 19.29°C		Humedad 1: 52.1 % Humedad 2: 52.06 %	Presión atmosférica: 810.00 hPa Presión atmosférica: 809.85 hPa	
Lima 1	10.027	10.027	10.027	10.027	
Lima 2	18.094	18.095	18.094	18.094	
Lima 3	36.913	36.912	36.914	36.913	
Lima 4	28.818	28.817	28.817	28.817	

Cuadro 14 Limas expuestas a Microdacyn 60 22 JUNIO 16					
Retiro de limas de microdacyn 60®		12 h 40	12.666	Tiempo de exposición (hrs)	19.58
Verificación de la Balanza	Temperatura 19.2 ° C		Patrón 1 inicial : 20.003 Patrón 1 final: 20.002	Patrón 2 inicial:10.003 Patrón 2 final:10.002	
Laboratorio de balanzas	Temperatura 1: 18.72°C Temperatura 2: 18.94°C		Humedad 1: 50.13 % Humedad 2: 50.68 %	Presión atmosférica: 810.66 hPa Presión atmosférica: 810.51 hPa	
Lima 1	10.028	10.027	10.027	10.027	
Lima 2	18.095	18.094	18.094	18.094	
Lima 3	36.912	36.912	36.913	36.912	
Lima 4	28.818	28.817	28.817	28.817	

#### 5.- Microscopia Electrónica de Barrido (Segunda Etapa)

### 5.1 Análisis de la muestra

Nuevamente se llevaron las limas al microscopio modelo JEOL JXA 8200 para observar los cambios que ocurrieron en ellas al ser expuestas por 7 días seguidos en NaOCl al 5.25 % y en el Microdacyn 60<sup>®</sup>, obteniendo la misma secuencia de imágenes que en la primera etapa, es decir, la punta de cada instrumento a una magnificación de X500, después la imagen de los últimos 5 mm de cada lima con una magnificación a X200 y por ultimo un alejamiento de la imagen a X35.

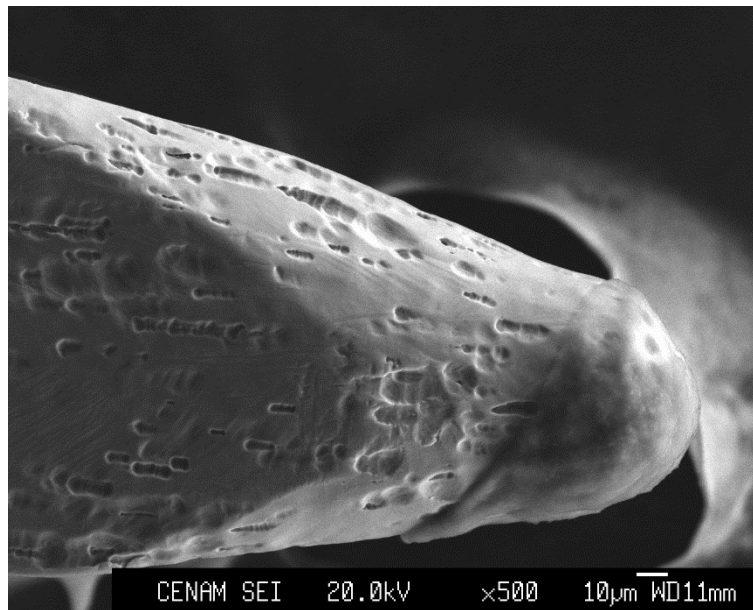


Figura 27. SM3 NUEVA X500 NaOCl 5.25 %

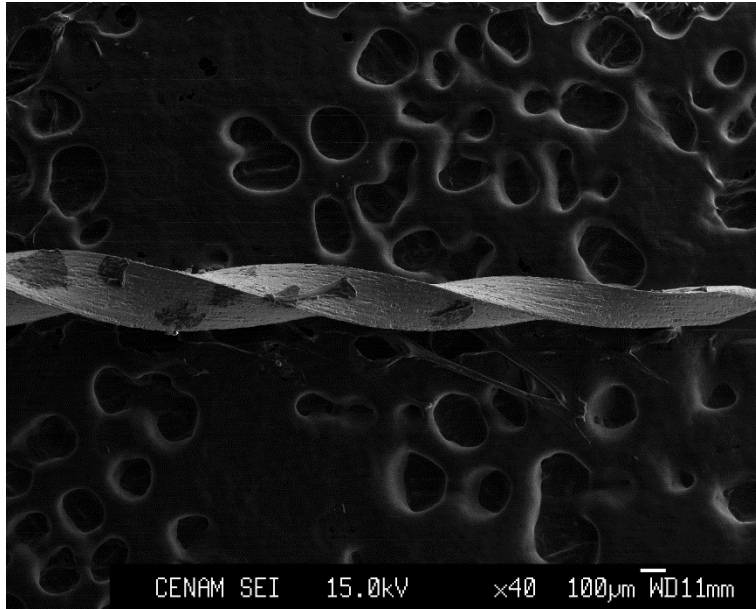


Figura 28. SM3 NUEVA X40 NaOCI 5.25 %

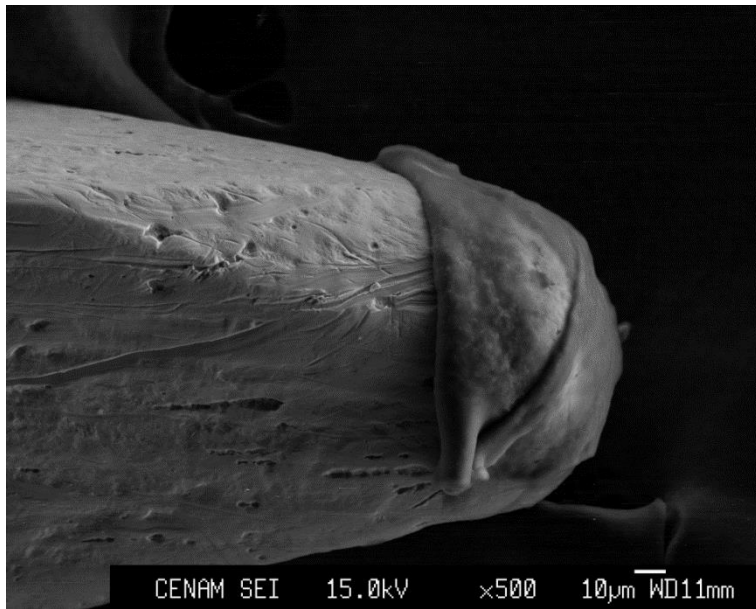


Figura 29. SM3 MEDIA X500 NaOCI al 5.25 %

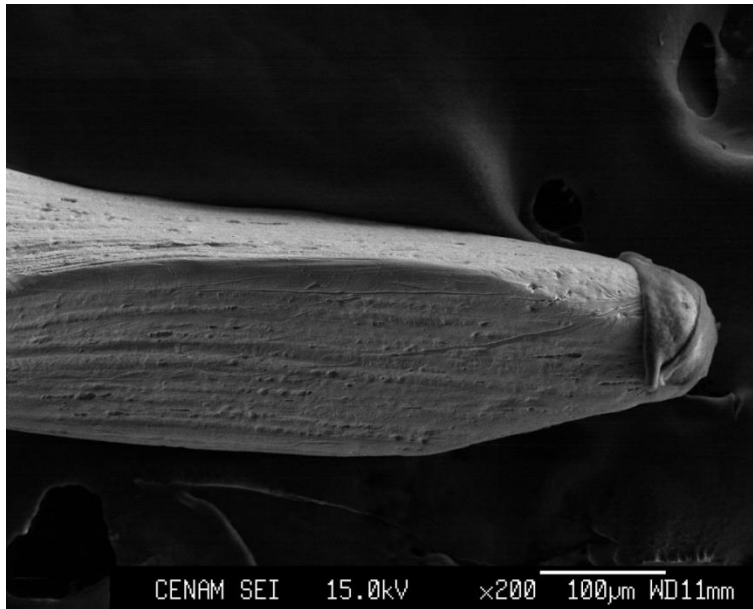


Figura 30. SM3 MEDIA NaOCl al 5.25 %

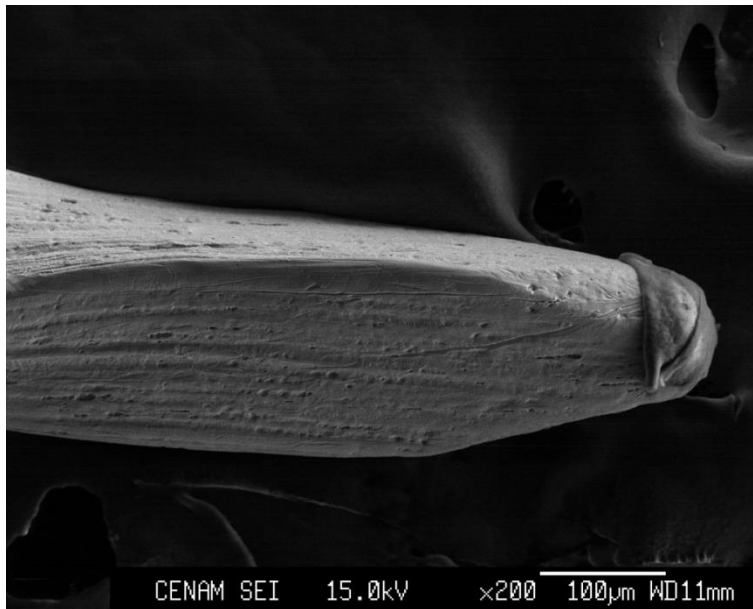


Figura 31. SM3 VIEJA X200 NaOCl al 5.25%

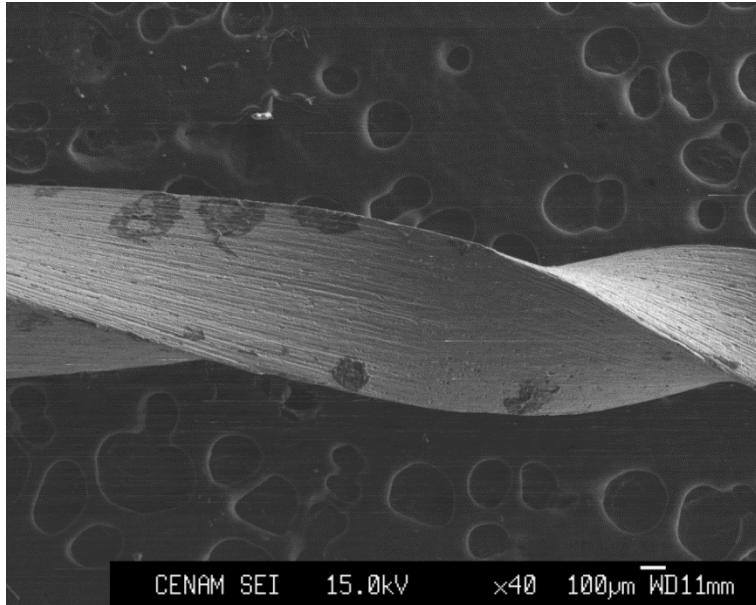


Figura 32. SM3 VIEJA X40 NaOCl al 5.25%

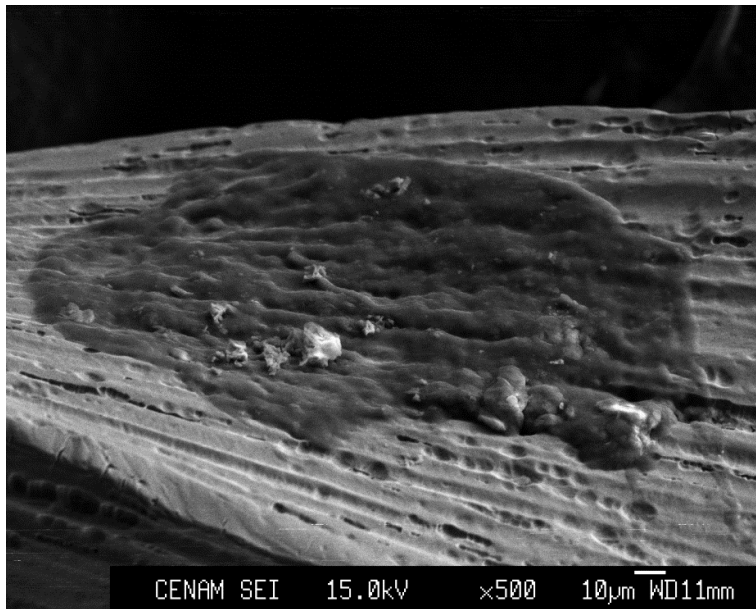


Figura 33. SM3 VIEJA X500 NaOCl al 5.25 %



Figura 34. K3XF X500 NaOCl al 5.25 %

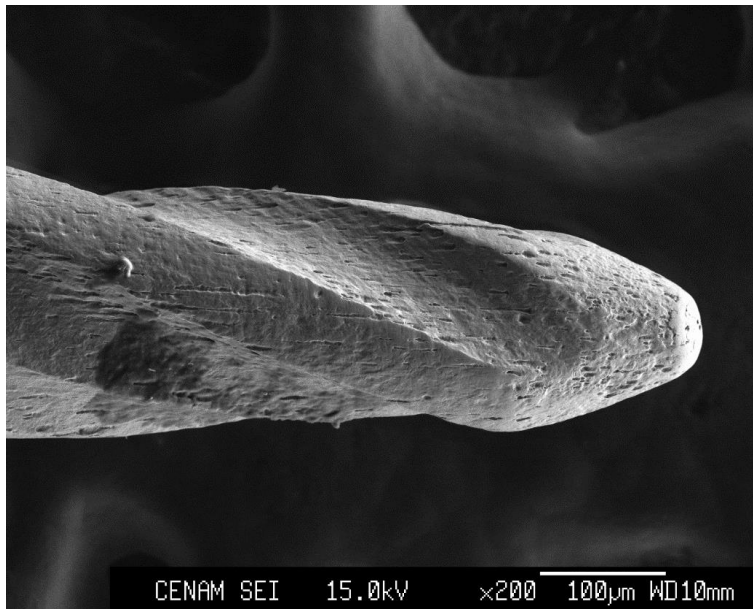


Figura 35. K3XF X200 NaOCl 5.25 %



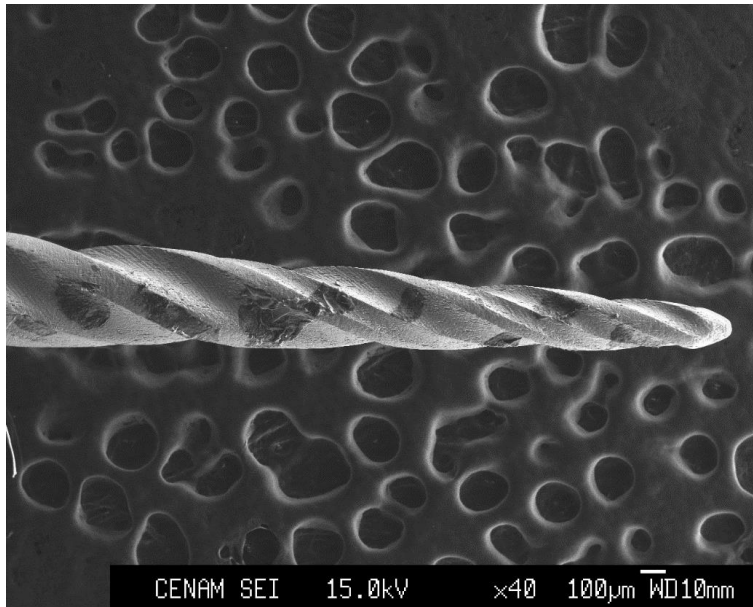


Figura 36. K3XF X40 NaOCI 5.25 %

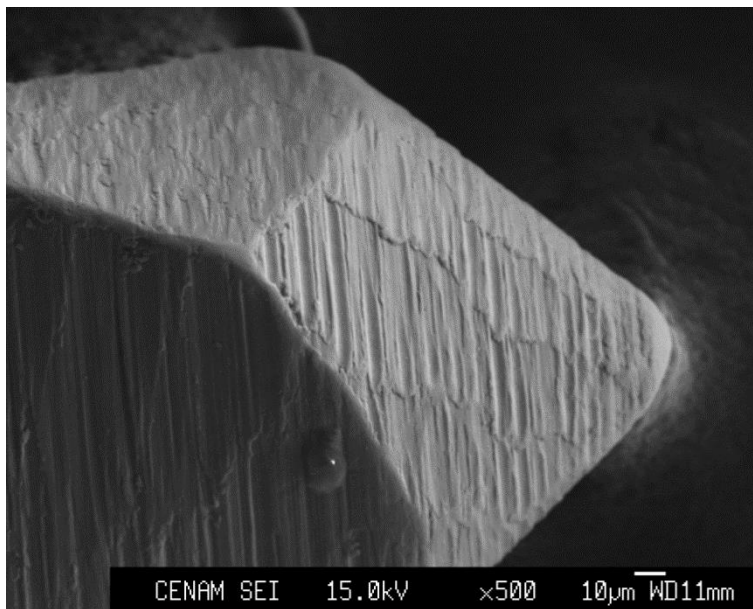


Figura 37. HYFLEX X500 NaOCI 5.25%



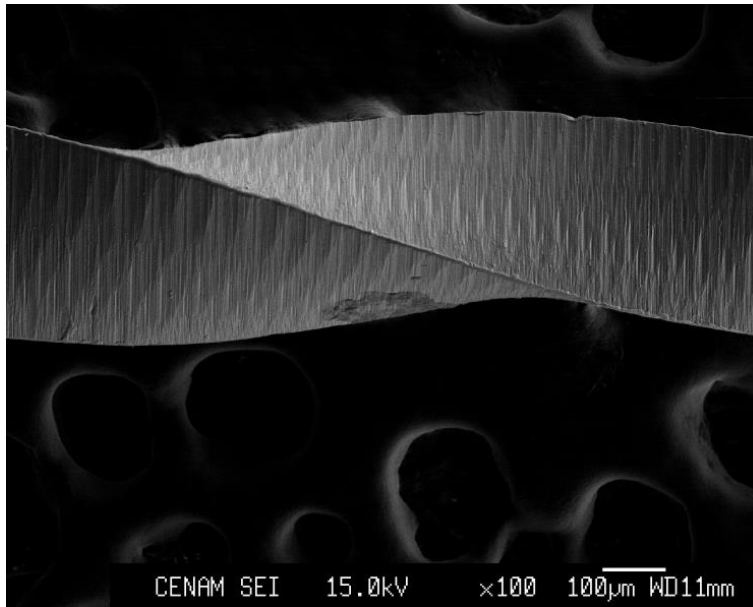


Figura 38. HYFLEX X100 NaOCl 5.25%

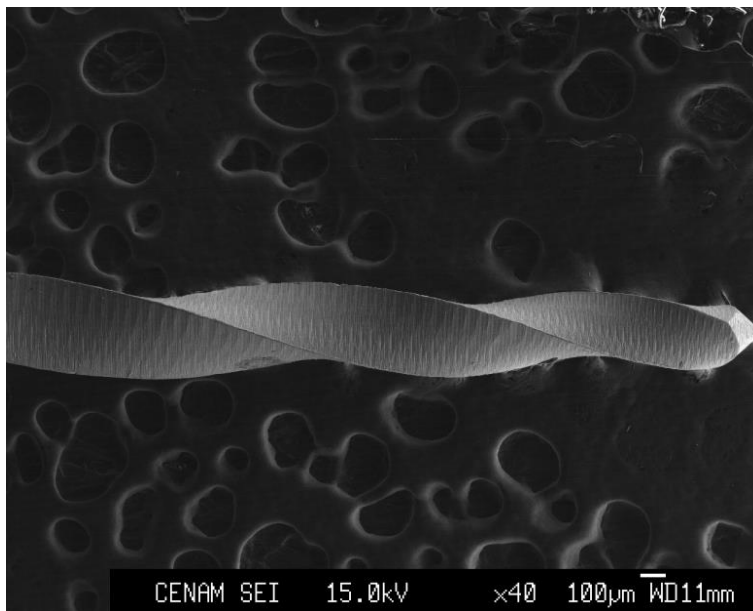


Figura 39. HYFLEX X40 NaOCl 5.25%

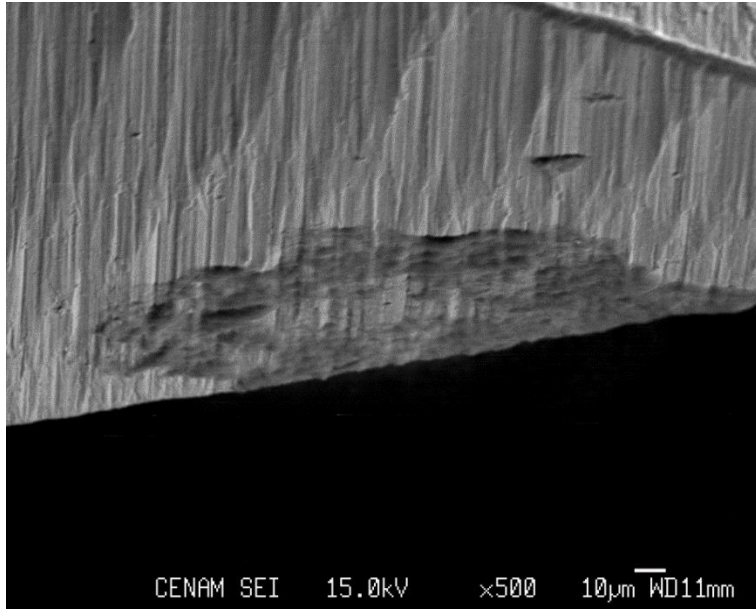


Figura 40. HYFLEX X50 NaOCl 5.25%

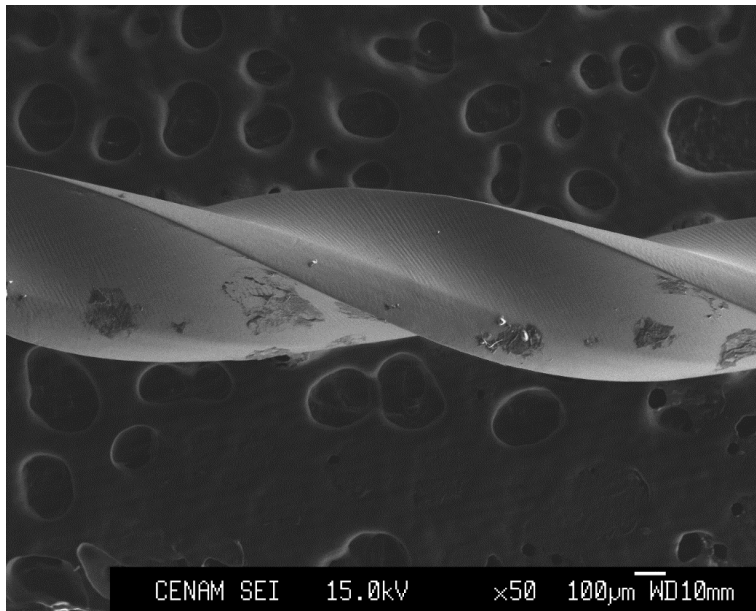


Figura 41. WHITE X50 NaOCl 5.25 %

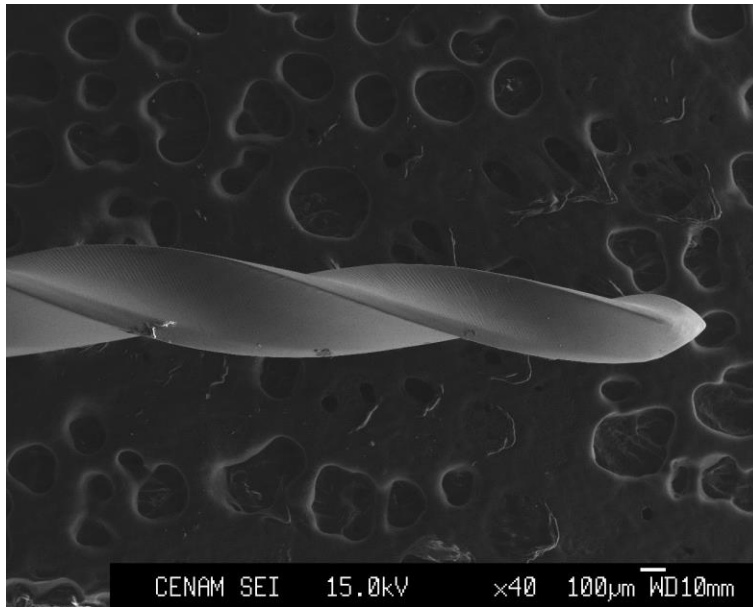


Figura 42. WHITE X40 NaOCI 5.25 %

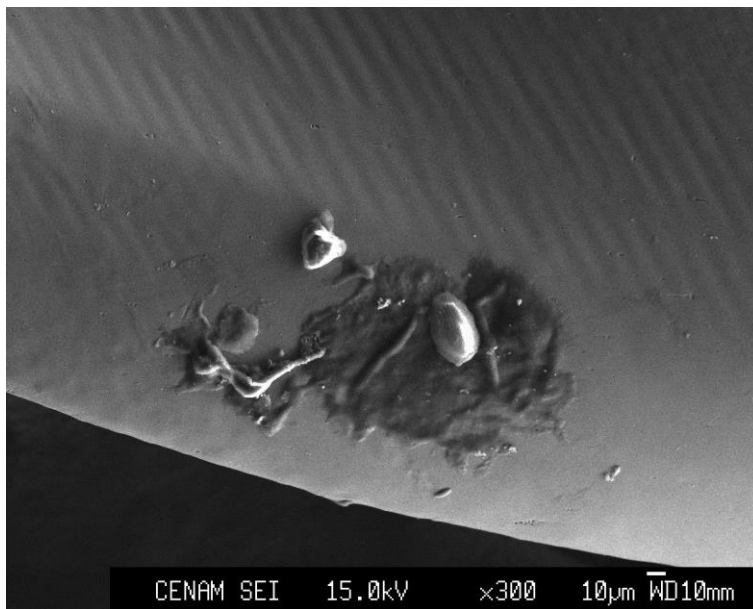


Figura 43. WHITE X300 NaOCI 5.25 %

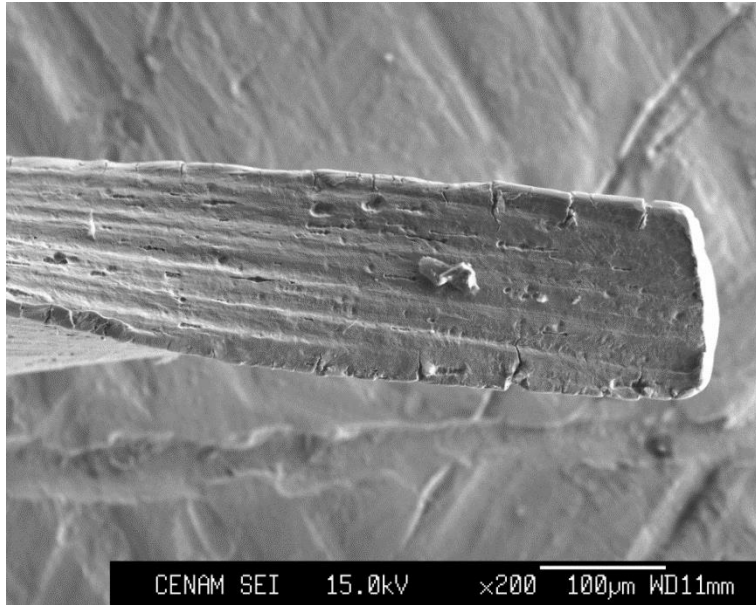


Figura 44. SM3 NUEVA X200 MICRODACYN 60<sup>®</sup>

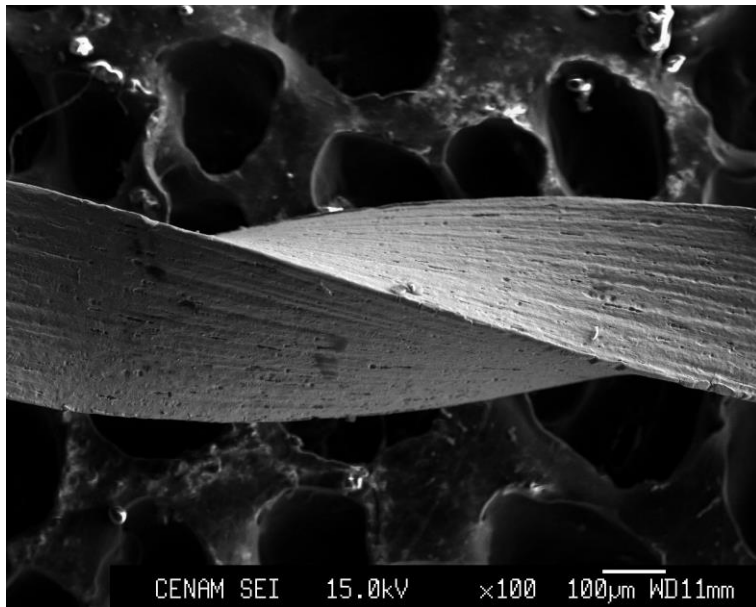


Figura 45 SM3 NUEVA X100 MICRODACYN 60<sup>®</sup>

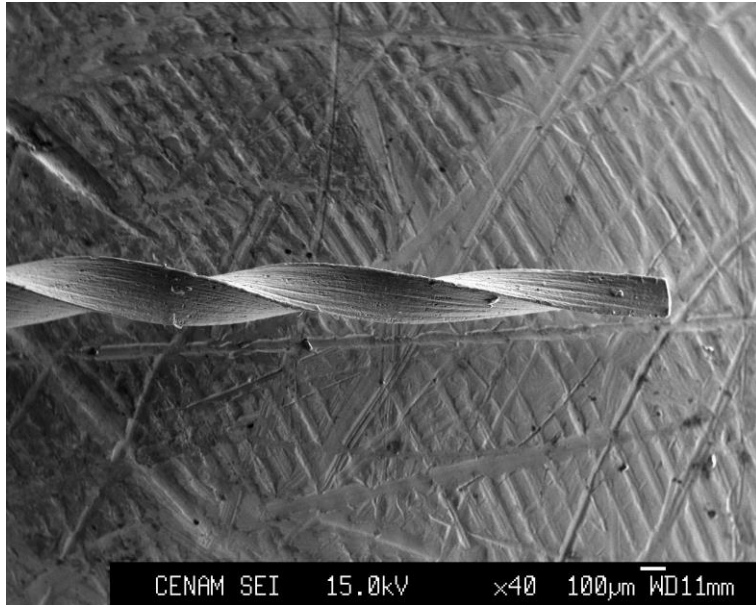


Figura 46. SM3 NUEVA X40 MICRODACYN 60®

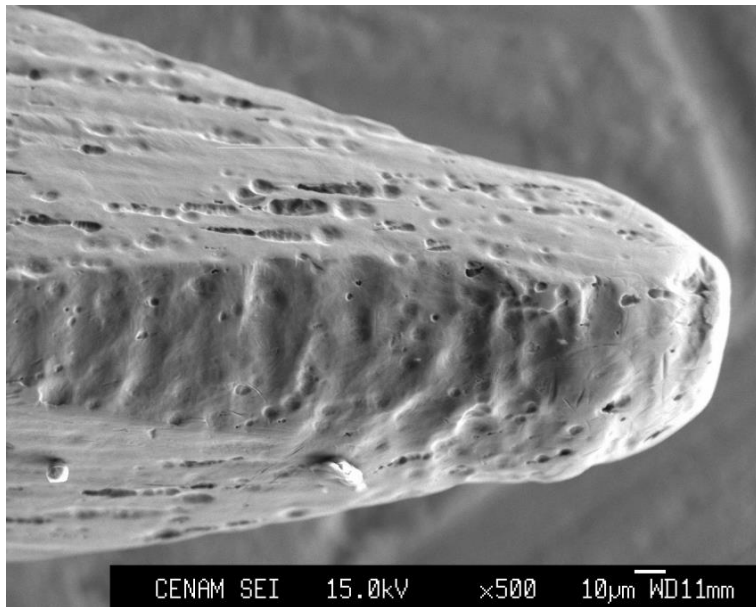


Figura 47. SM3 MEDIA X500 MICRODACYN 60®



Figura 48. SM3 MEDIA X200 MICRODACYN 60<sup>®</sup>

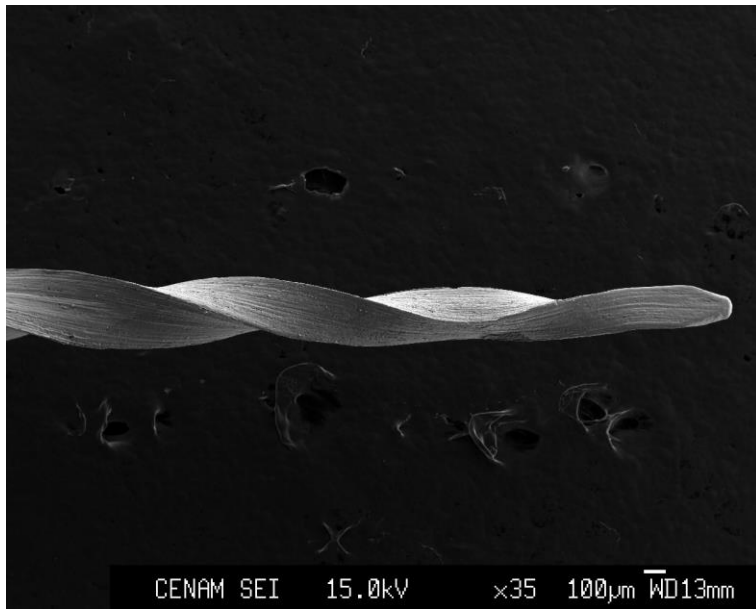


Figura 49. SM3 MEDIA X35 MICRODACYN 60<sup>®</sup>

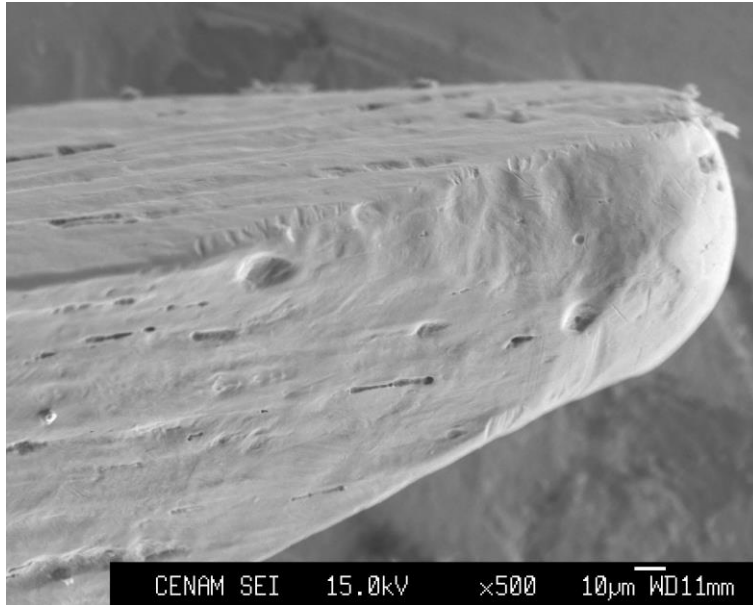


Figura 50. SM3 VIEJA X500 MICRODACYN 60®

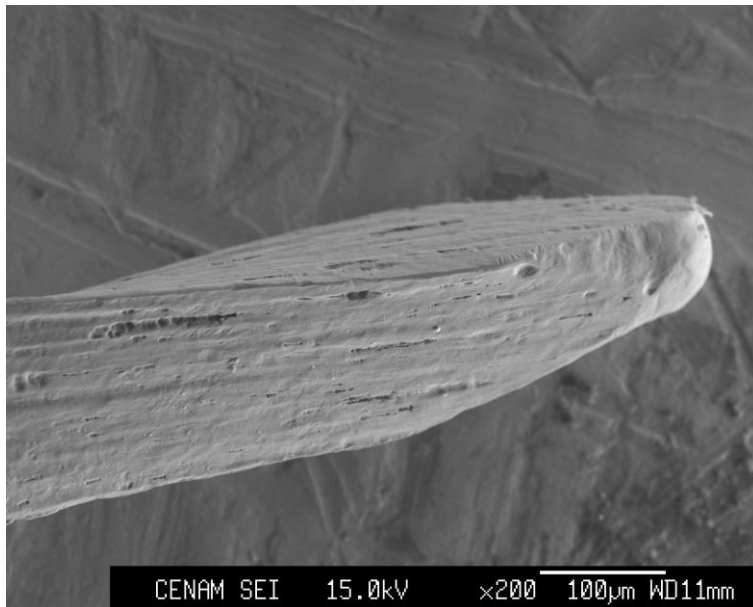


Figura 51. SM3 VIEJA X200 MICRODACYN 60®



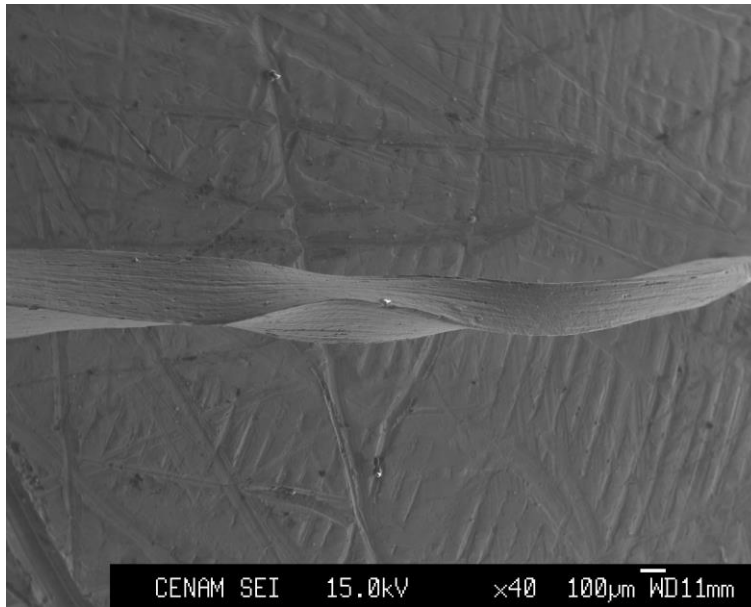


Figura 52. SM3 VIEJA X40 MICRODACYN 60®

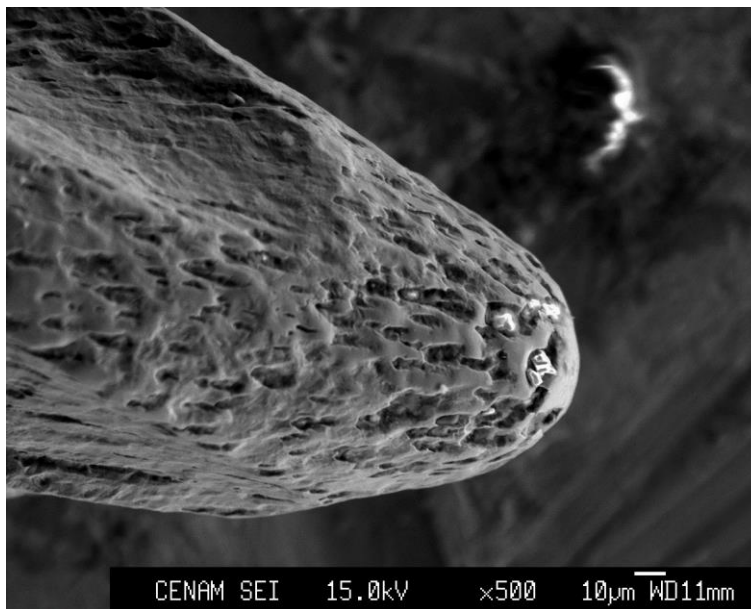


Figura 53. K3XF X500 MICRODACYN 60®



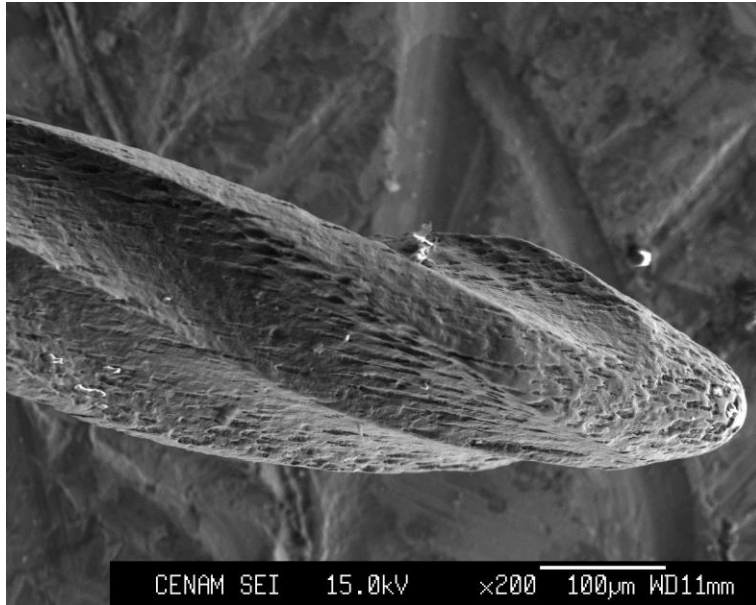


Figura 54. K3XF X200 MICRODACYN 60<sup>®</sup>

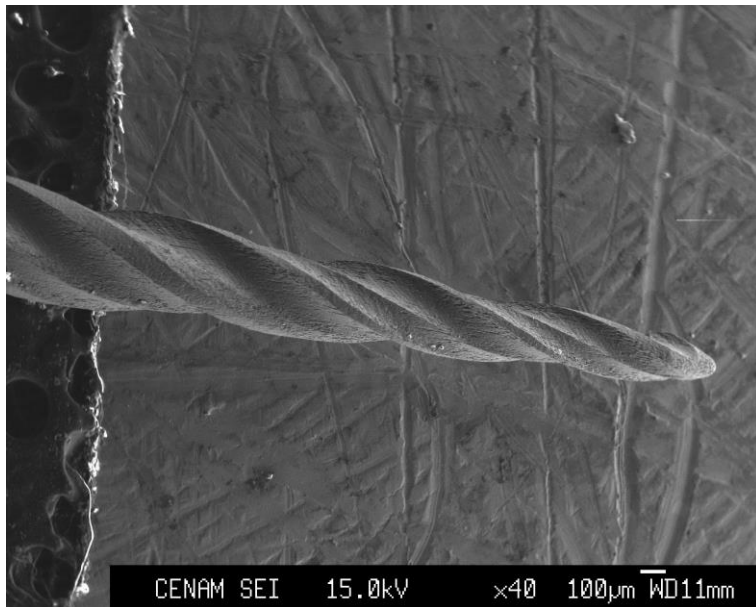


Figura 55. K3XF X40 MICRODACYN 60<sup>®</sup>

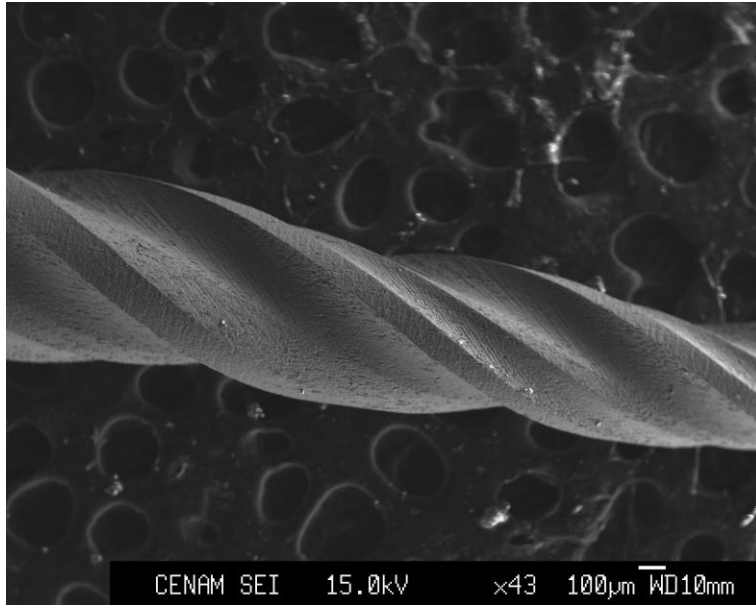


Figura 56. K3XF X40 MICRODACYN 60®

#### IV. RESULTADOS

Se realizó un estudio para evaluar el efecto sobre las limas endodónticas de NaOCl al 5.25% y del Microdacyn 60. Como muestras de estudio se seleccionó un total de diez limas de diferentes tipos en estado nuevas y usadas. El estudio consistió en someter las limas seleccionadas a la acción de los desinfectantes durante siete días en intervalos de 24 horas aproximadamente. Los efectos físicos y químicos de los desinfectantes fueron seguidos mediante la medición de cambios de masa en las limas y por medio de microscopía electrónica de barrido. Se eligió un tiempo de siete días de estudio con el fin de lograr cambios significativos en las limas que pudieran ser evaluados cuantitativamente, siendo que la acción de los desinfectantes por cortos periodos de tiempo aunque si existen no llegan a ser apreciables; también se estima que el tiempo de estudio cubre el tiempo de vida de las limas endodónticas.

Se contempla la posibilidad de efectos tanto físicos como químicos de los desinfectantes sobre las limas. Tanto el hipoclorito de sodio como el Microdacyn 60 poseen un carácter oxidante por tanto dan lugar a la erosión física en las limas con una consecuente pérdida de masa, o bien se pueden generar óxidos en la superficie de las limas que se reflejarían en aumento de masa. De este modo, el microscopio electrónico revela los efectos físicos y los cambios de masa revelan los efectos químicos.

Los estudios de pérdida o ganancia de masa se realizaron a intervalos de 24 horas de tratamiento mientras que los estudios de microscopía electrónica de barrido se realizaron solamente antes y después del tratamiento de las limas con los desinfectantes, esto se realizó con el fin de evitar que los estudios de microscopía interfirieran con los estudios de cambio de masa.

Variación de masa respecto al tiempo de exposición al NaOCl al 5.25%

TIEMPO	0	23.8	22.15	21.916	22.75	20.433
lima 1	10.987	10.987	10.987	10.987	10.987	10.987
lima 2	10.862	10.859	10.857	10.859	10.859	10.858
lima 3	11.657	11.655	11.655	11.656	11.656	11.655
lima 4	14.511	14.510	14.511	14.511	14.511	14.510
lima 5	44.674	44.672	44.672	44.672	44.672	44.683
lima 6	14.934	14.932	14.932	14.932	14.932	14.932

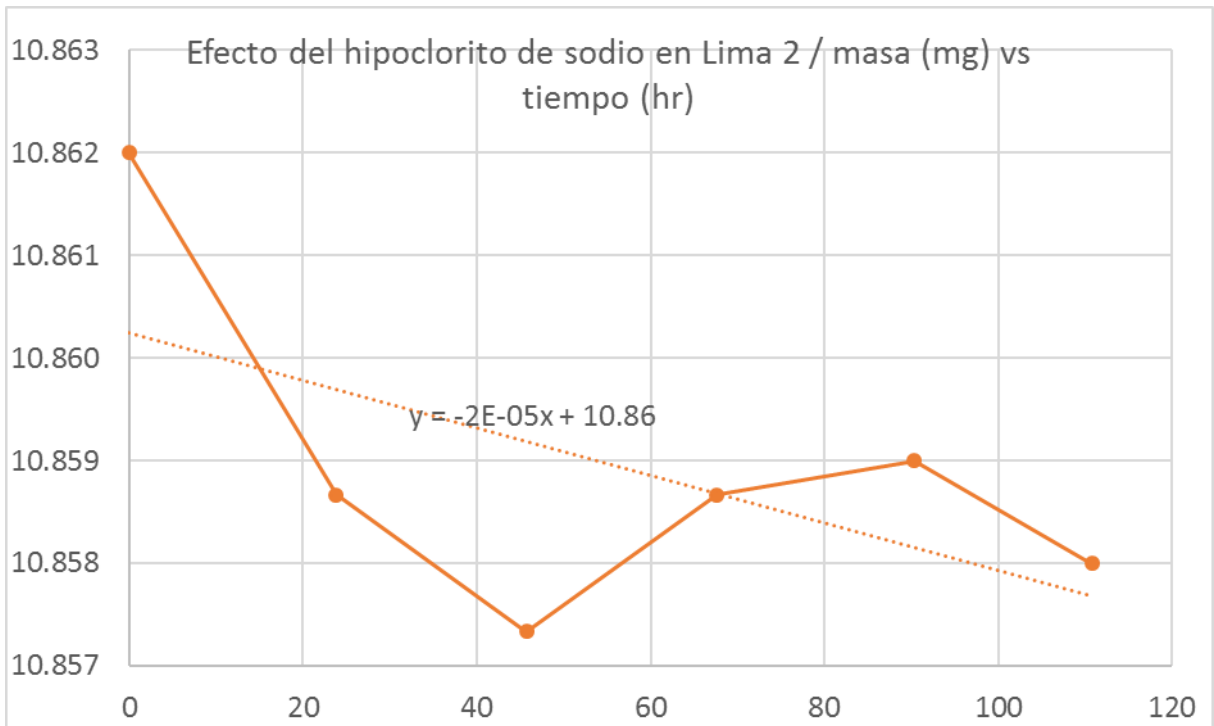
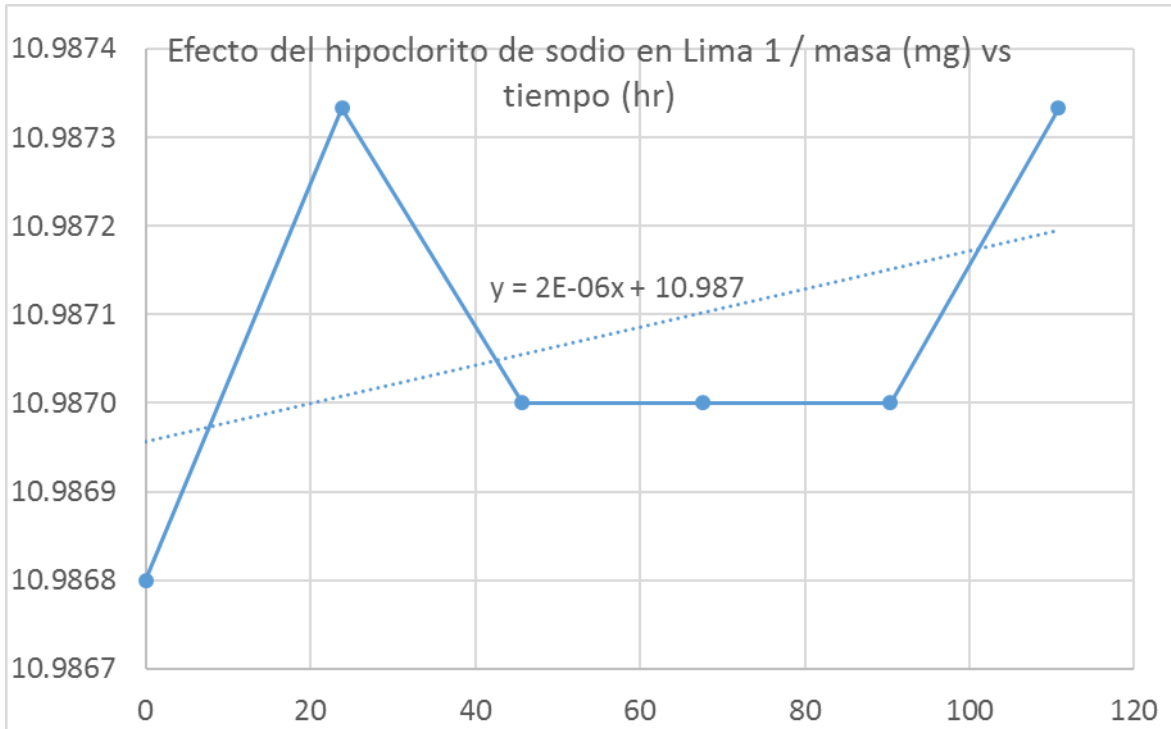
TIEMPO	lima 1	lima 2	lima 3	lima 4	lima 5	lima 6
0.000	10.987	10.862	11.657	14.511	44.674	14.934
23.800	10.987	10.859	11.655	14.510	44.672	14.932
45.717	10.987	10.857	11.655	14.511	44.672	14.932
67.633	10.987	10.859	11.656	14.511	44.672	14.932
90.383	10.987	10.859	11.656	14.511	44.672	14.932
110.817	10.987	10.858	11.655	14.510	44.683	14.932

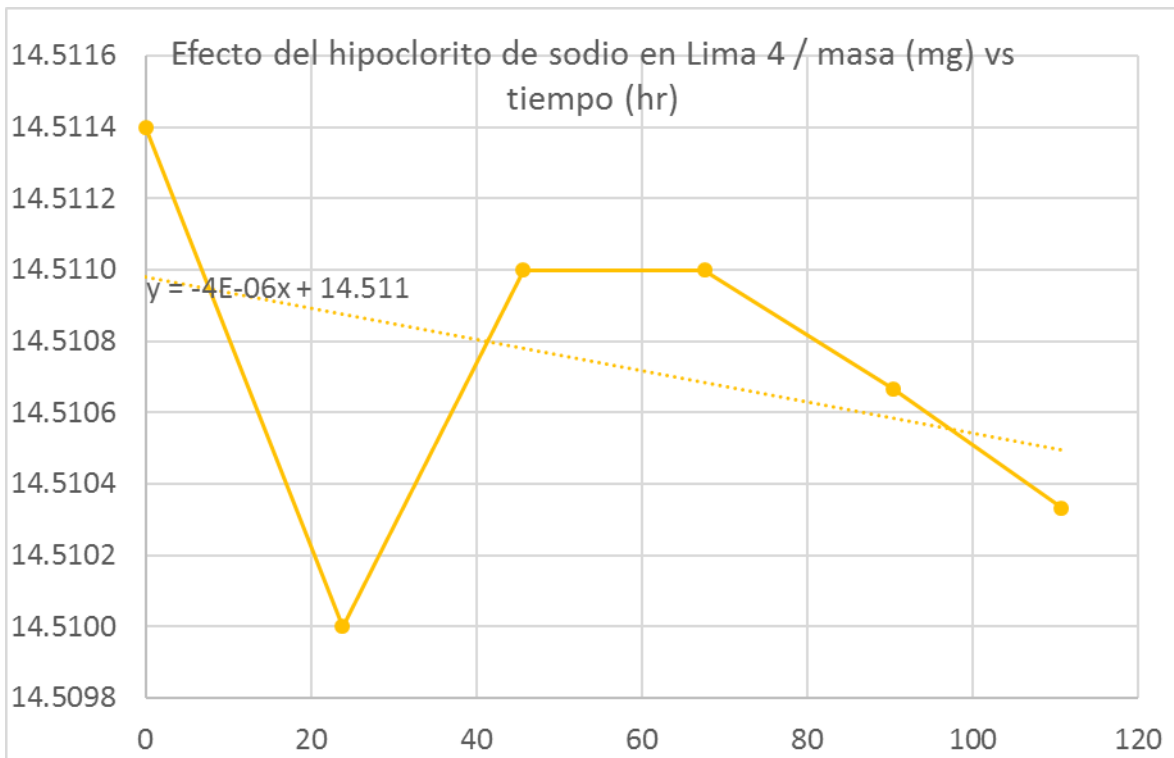
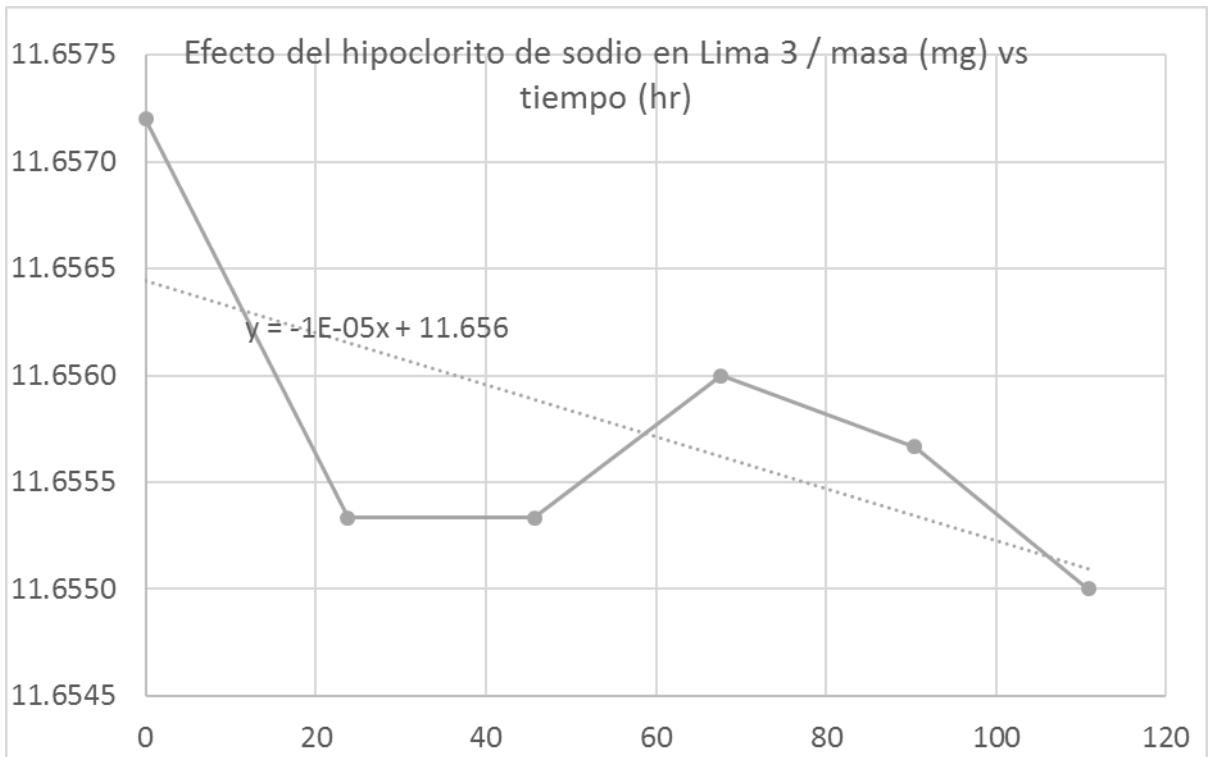
Variación de masa respecto al tiempo de exposición al Microdacyn 60<sup>®</sup>

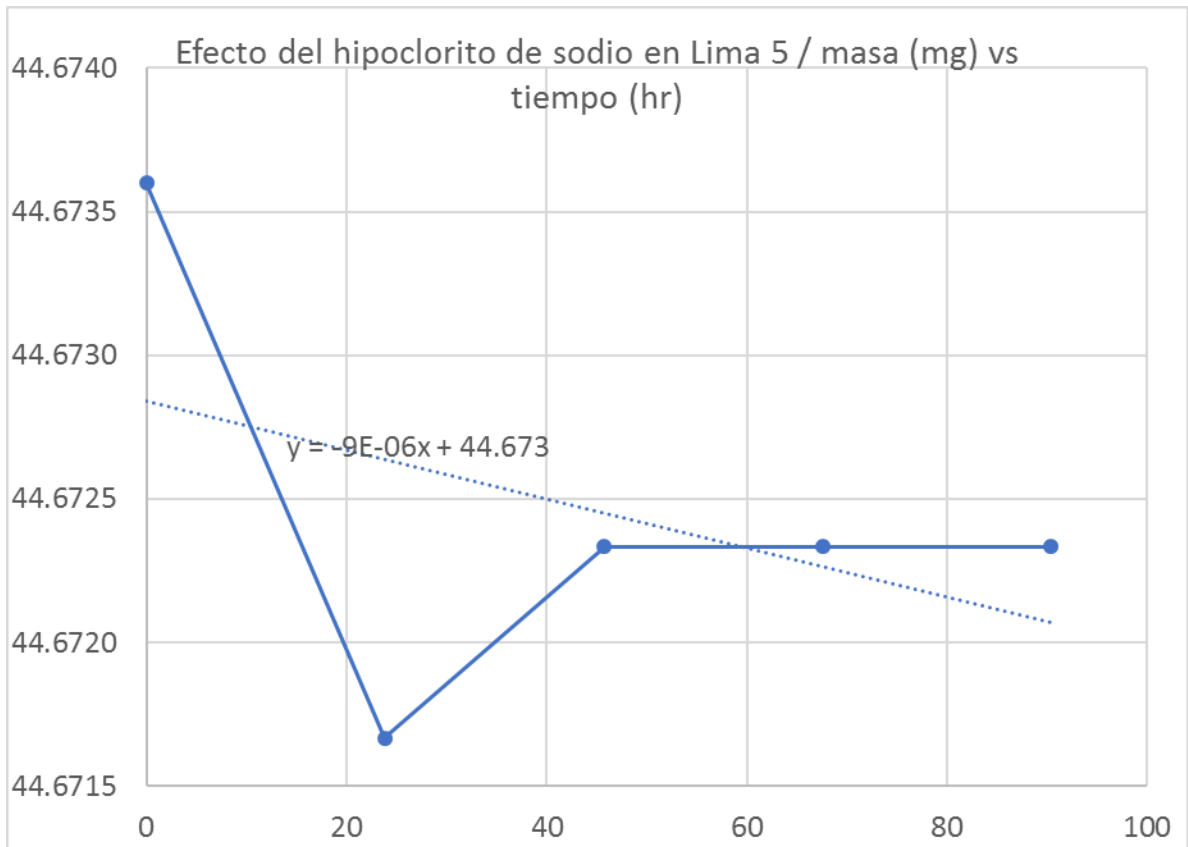
TIEMPO	0	22.083	22.833	23	22.75	22.333	19.583
lima 1	10.029	10.027	10.028	10.028	10.027	10.027	10.027
lima 2	18.097	18.094	18.094	18.095	18.095	18.094	18.094
lima 3	36.913	36.912	36.911	36.912	36.913	36.913	36.912
lima 4	28.817	28.816	28.816	28.818	28.818	28.817	28.817

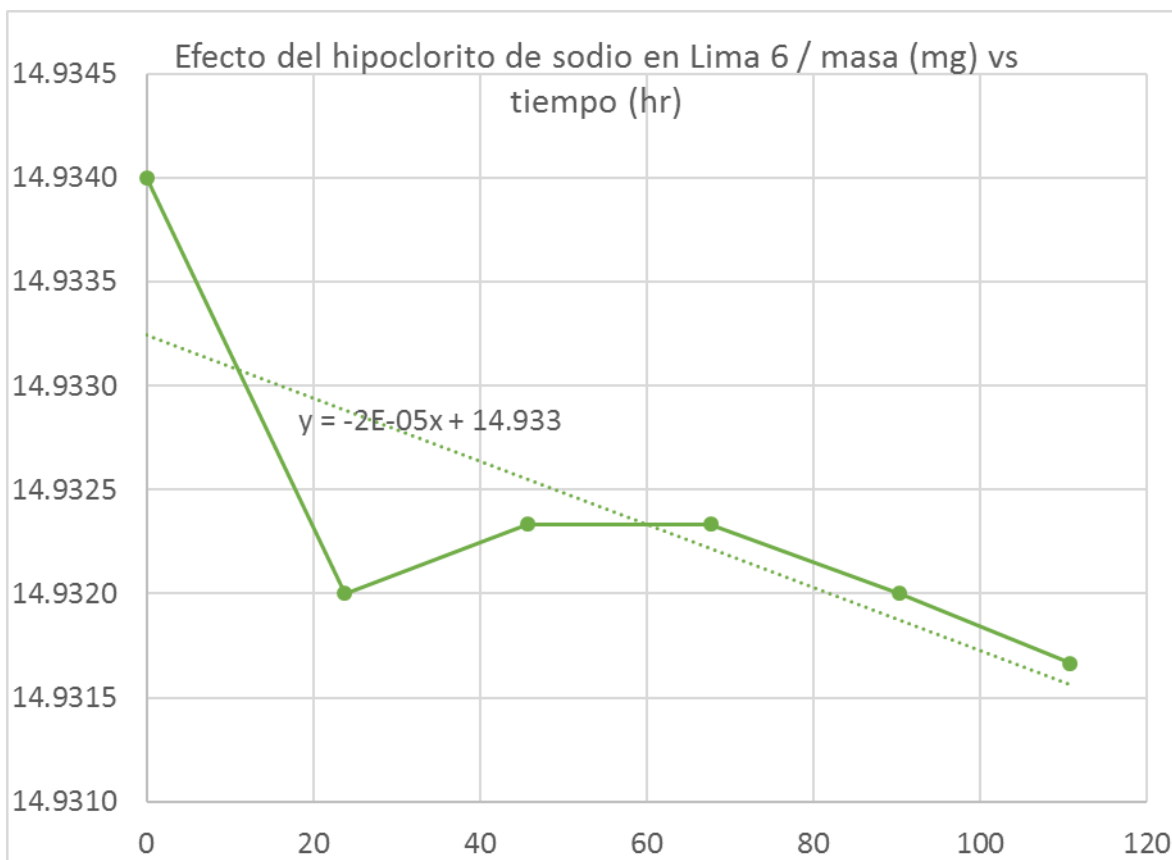
TIEMPO	lima 1	lima 2	lima 3	lima 4
0.00000000	10.029	18.097	36.913	28.817
22.08333333	10.027	18.094	36.912	28.816
44.91666667	10.028	18.094	36.911	28.816
67.91666667	10.028	18.095	36.912	28.818
90.66666667	10.027	18.095	36.913	28.818
113.00000000	10.027	18.094	36.913	28.817
132.58333333	10.027	18.094	36.912	28.817

A continuación se presentan las gráficas de cambio de masa de las limas sometidas al hipoclorito de sodio, las cuales muestran los valores de masa medidos durante los siete días a intervalos de 24 horas aproximadamente así como la línea de tendencia obtenida por un ajuste de mínimos cuadrados:









Seis limas fueron sometidas al hipoclorito de sodio, el estudio muestra que cinco de estas seis limas, excluida la lima 1, muestran una pérdida de masa inicial apreciable (dos microgramos en 24 horas) y posteriormente se observa que la masa se mantiene estable. Este efecto puede explicarse al considerar que el hipoclorito afecta químicamente solamente la superficie de la lima en las primeras horas de exposición y luego se detiene. En estas cinco limas la línea de tendencia a largo plazo (siete días) describe una pérdida de masa con una tasa promedio del orden de  $10^{-5}$  mg/hr.

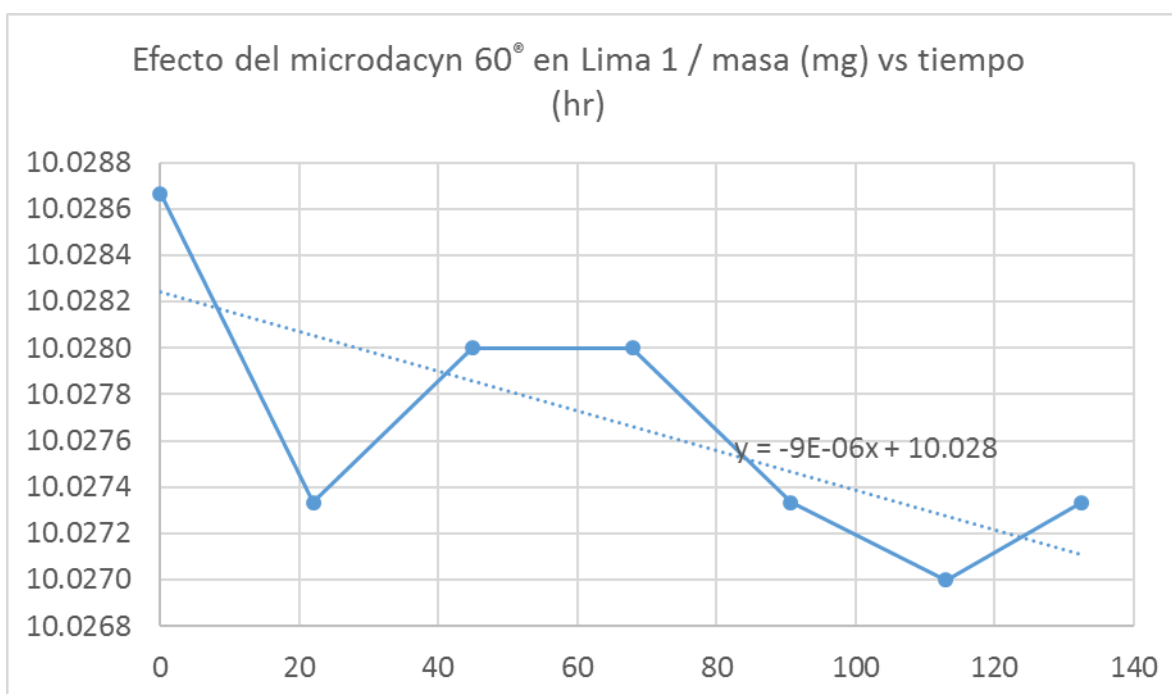
La lima 1 muestra cambios de masa dentro de la resolución de la microbalanza por lo que se puede afirmar que el hipoclorito tiene un efecto químico nulo sobre dicha lima.

Cuatro limas fueron sometidas al Microdacyn 60<sup>®</sup>, de éstas, la lima 2 presentó un comportamiento muy semejante a las limas sometidas al hipoclorito, con una pérdida de masa importante en las primeras 24 hrs. y luego estabilidad con una

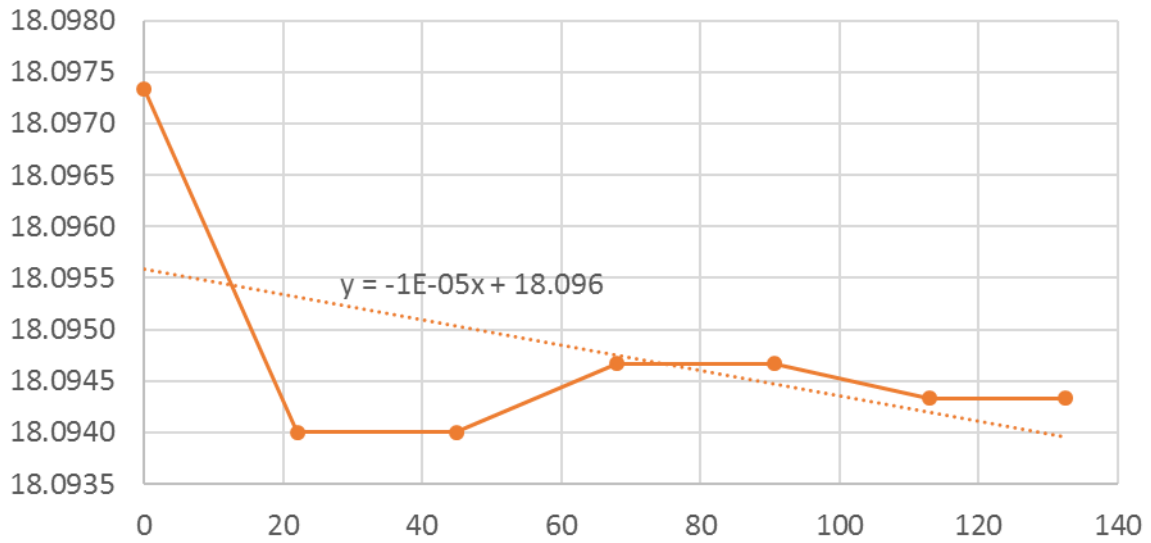


taza de pérdida a largo plazo del orden de  $10^{-5}$  mg/hr. Las restantes tres limas presentaron oscilaciones en los valores de masa que se encuentran dentro del rango de estabilidad de la balanza de  $\pm 1 \mu\text{g}$  (un microgramo). Entonces, estas variaciones de masa son esencialmente variaciones propias de la balanza o dicho de otra forma, no se tiene un efecto apreciable en la masa de las limas debido a la acción del Microdacyn 60<sup>®</sup>.

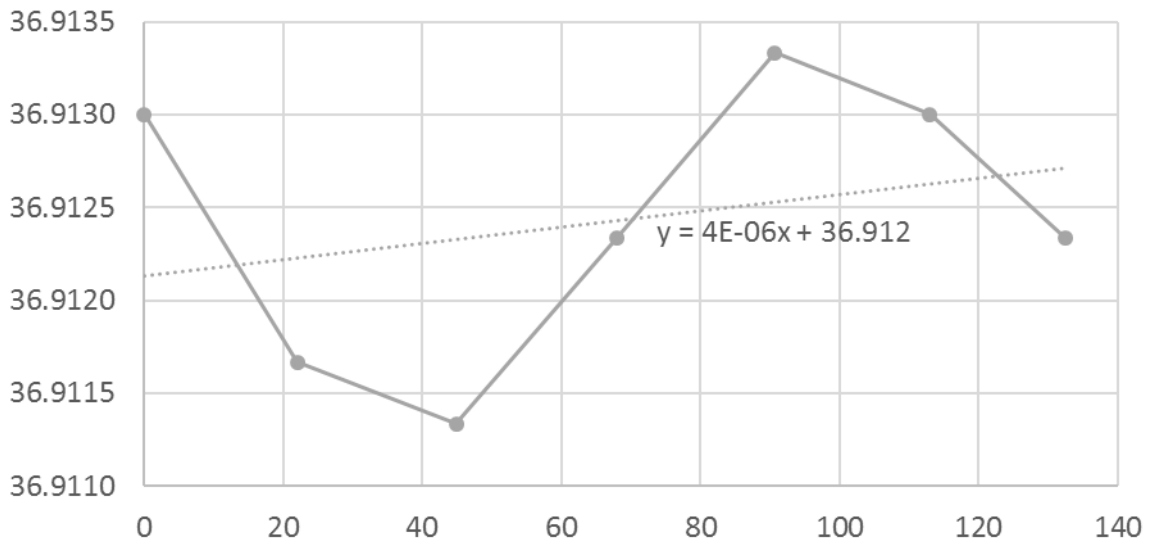
En seguida se presentan las gráficas de cambio de masa de las limas sometidas al Microdacyn 60<sup>®</sup>:

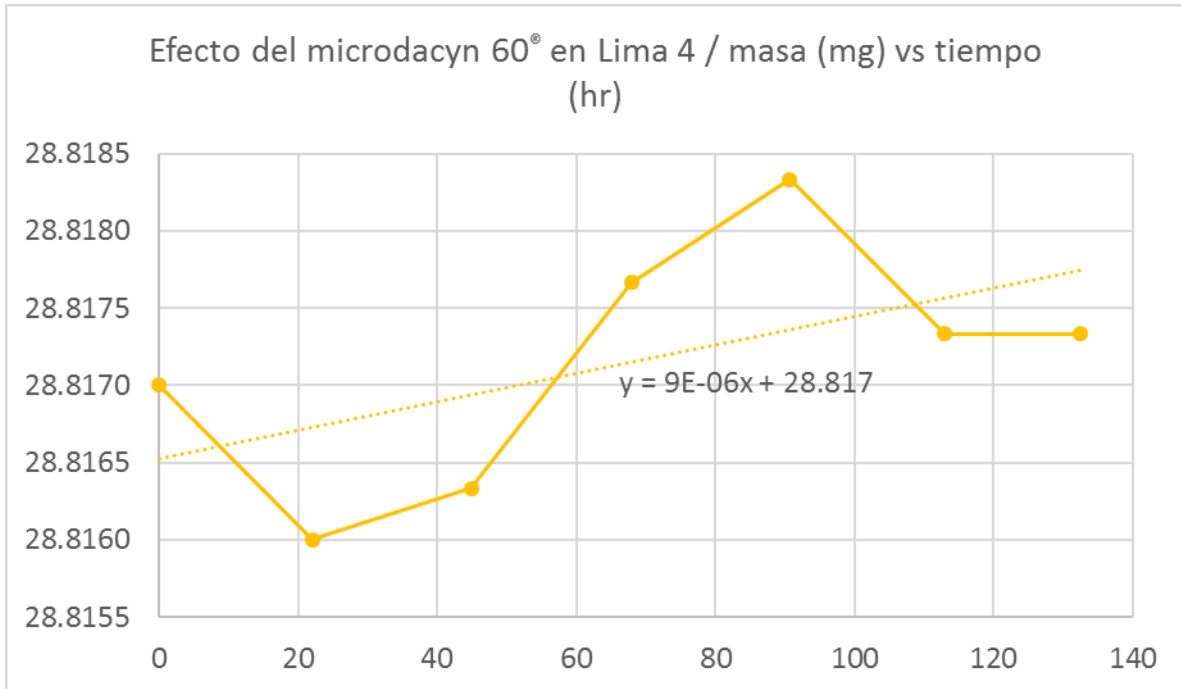


Efecto del microdacyn 60° en Lima 2 / masa (mg) vs tiempo (hr)



Efecto del microdacyn 60° en Lima 3 / masa (mg) vs tiempo (hr)





### Resultados SEM

Diferencias en las imágenes tomadas por microscopía electrónica de barrido son evidentes, para las limas de inicio y posterior inmersión en NaOCl al 5.25%; se observaron pigmentaciones por toda la superficie de las limas, pareciendo ser la formación de un efecto químico sobre el material de níquel titanio, a diferencia de las limas que se mantuvieron en Microdacyn 60® las cuales no presentaron ningún cambio en su estructura.

A continuación, se presenta una comparativa.

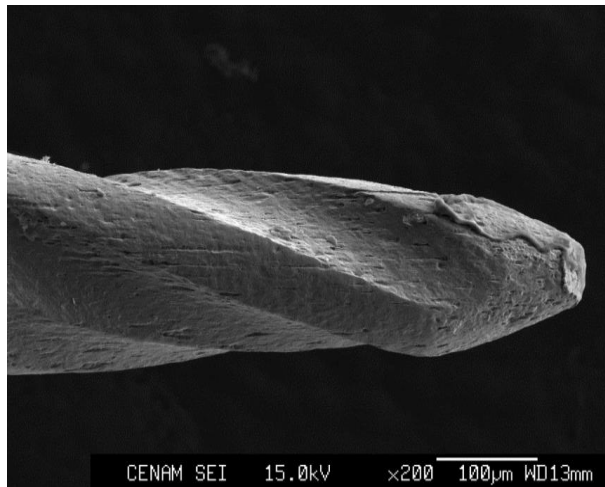


Figura 57. K3XF NUEVA

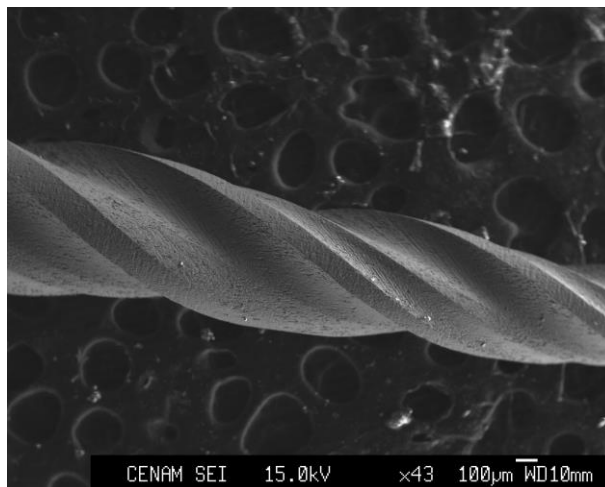


Figura 58. K3XF MICRODACYN 60<sup>®</sup>

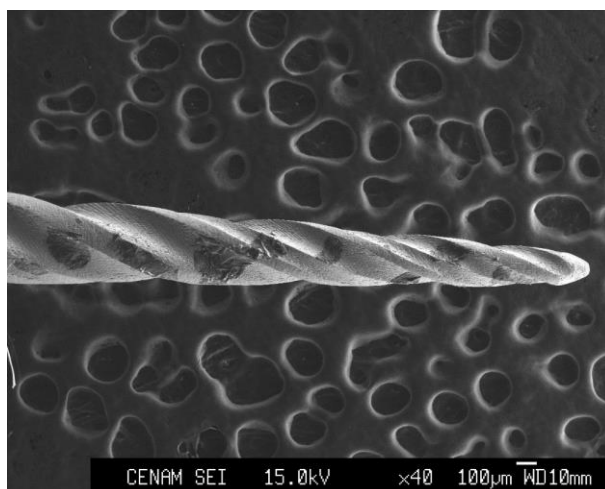


Figura 59. K3XF NAOCL 5.25 %

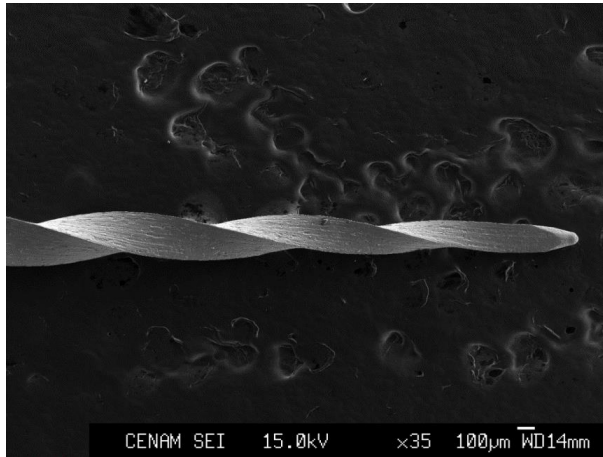


Figura 60. SM3 NUEVA

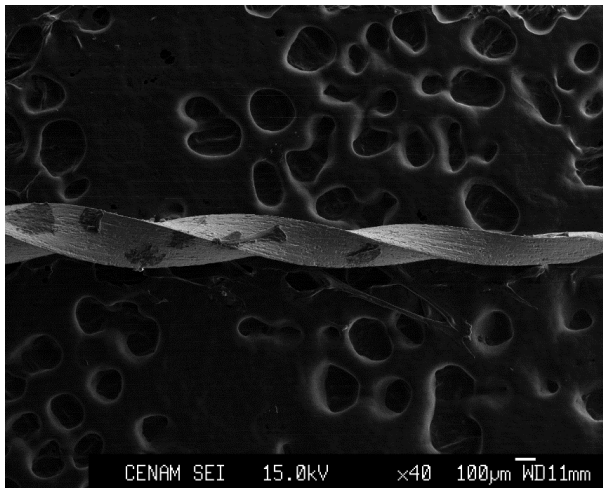


Figura 61. SM3 NAOCL 5.25%

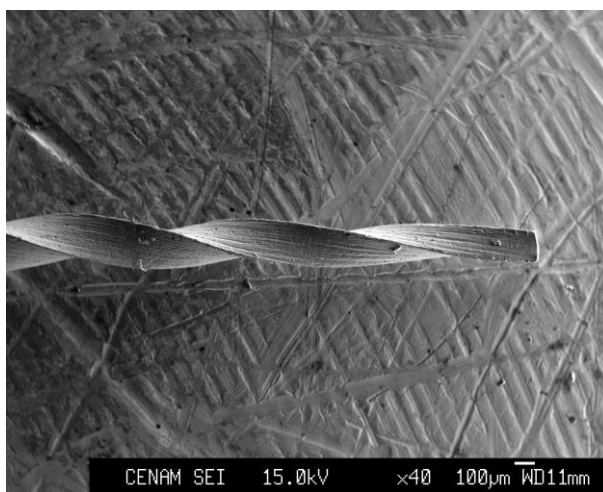


Figura 62. SM3 MICRODACYN 60<sup>®</sup>

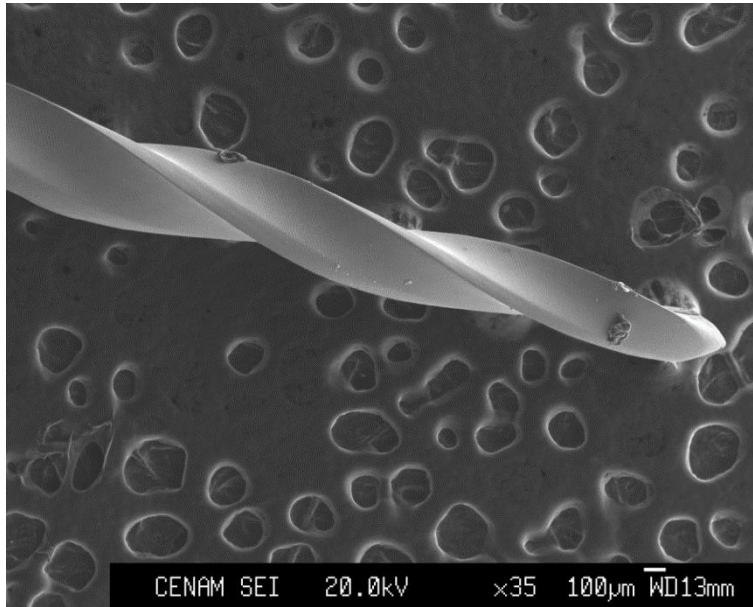


Figura 63. WHITE NUEVA

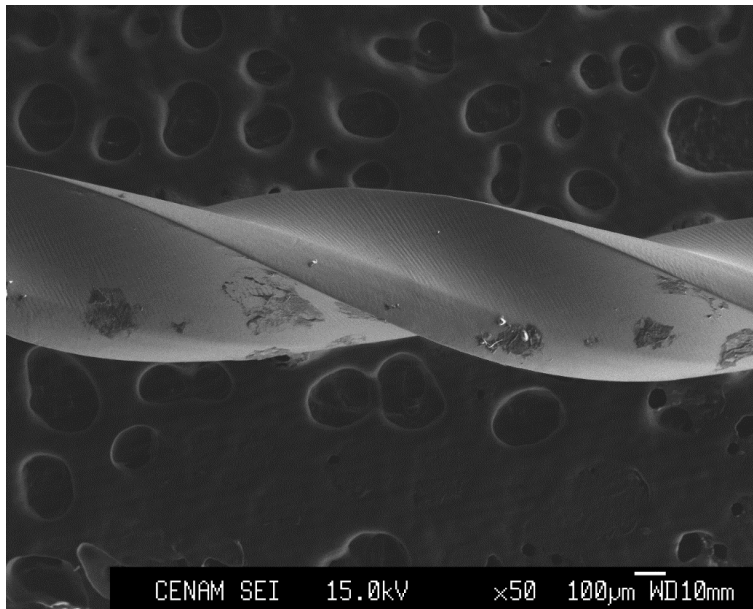


Figura 64. WHITE NAOCL 5.25%

## V. DISCUSIÓN

El Hipoclorito de sodio tiene amplia actividad antibacterial, incluso, se ha comprobado efectividad contra los microorganismos más resistentes presentes en los conductos radiculares, como el *Enterococo Faecalis*, en concentración del 5.25%. Con respecto a la acción antifúngica se ha comprobado que el hipoclorito de sodio tiene una alta capacidad de dilución frente a *Cándida Albicans* residente de la familia de los hongos más frecuente en la cavidad oral. En cuanto a la disolución de tejido orgánico que se encuentra adherido en los instrumentos endodónticos después de su uso, el hipoclorito de sodio tiene la capacidad de diluirlo, la revisión realizada por Mohammadi habla de la importancia de la concentración para que esta propiedad sea aprovechada, hipoclorito de sodio al 5% diluye la materia orgánica en 20 minutos.

El uso de Soluciones Súper Oxidadas como desinfectantes y antisépticos en el proceso de limpieza del instrumental endodóntico es un concepto de vanguardia. Se ha demostrado que Microdacyn 60® es la primera SSO estable y disponible comercialmente, que además ha demostrado ser un antimicrobiano eficaz tanto en experimentos in vitro, como en modelos animales y en estudios clínicos en humanos, siempre caracterizado por no ser corrosivo, la tecnología patentada de Microdacyn 60® está basada en la electrólisis y permite, además, retener selectivamente especies específicas para producir una solución de súper-oxidación que tiene una vida de anaquel de más de 18 meses y que es capaz de permanecer estéril activa y neutra hasta por 30 días después de abrirse.

En este estudio se utilizó microscopía electrónica de barrido con el equipo sistema automatizado de microanálisis con detectores EDS/WDS combinados Modelo JEOL JXA 8200. Es un equipo capaz de producir imágenes de alta resolución de la superficie de una muestra utilizando las interacciones de los electrones con la superficie del material. Utiliza un haz de electrones en lugar de un haz de luz para formar una imagen ampliada de la superficie de un objeto. Es un instrumento que permite la observación y caracterización superficial de sólidos inorgánicos y orgánicos. Cuenta con los siguientes detectores.

Detector de electrones secundarios (SE): permite obtener una imagen en blanco y negro de la topografía de la superficie examinada, siendo muy adecuado para la observación con una alta resolución. Detector de electrones retrodispersados (BSE): permite obtener una imagen de superficie de menor resolución en comparación con el detector de electrones secundarios, pero tiene una ventaja la cual consiste en su sensibilidad en la detección de variaciones en el número atómico de los elementos presentes en la superficie, de tal modo que se observará distintos tonos de gris en función de la existencia de fases con distintos elementos.

Detector de rayos X (EDS): registra los rayos X procedentes de cada uno de los puntos de la superficie sobre los que incide el haz de electrones. La energía de cada fotón de rayo X es característica de cada elemento, permite realizar análisis cualitativos y semi-cuantitativos en áreas pequeñas. Detector de rayos X (WDS): En este caso únicamente se mide la señal que genera un solo elemento. Esto hace que esta técnica, aunque más lenta, sea mucho más sensible y precisa que la de EDS.

Las imágenes de las muestras se tomaron al inicio de la colección de limas para poder tener imágenes previas a la inmersión en las soluciones desinfectantes. Al terminar los 7 días del estudio de pérdida de masa se tomaron nuevamente imágenes para observar y comparar algún cambio en la estructura física de las limas.

El método utilizado para medir la pérdida de masa en este estudio fue utilizando una micro balanza analítica que permite registrar en mg de una manera exacta los cambios en el peso ya sea de pérdida o de ganancia. Se eligió un tiempo de siete días de estudio con el fin de lograr cambios significativos en las limas que pudieran ser evaluados cuantitativamente, siendo que la acción de los desinfectantes por cortos periodos de tiempo aunque si existen no llegan a ser apreciables; también se estima que el tiempo de estudio cubre el tiempo de vida de las limas endodónticas, en cuanto a ciclos de desinfección.



Seis limas fueron sometidas al hipoclorito de sodio, el estudio muestra que cinco de estas seis limas, excluida la lima 1, muestran una pérdida de masa inicial apreciable (unos dos microgramos en 24 horas) y luego se observa que la masa se mantiene estable. Este efecto puede explicarse al considerar que el hipoclorito ataca químicamente solamente la superficie de la lima en las primeras horas de exposición y luego el ataque se detiene. En estas cinco limas la línea de tendencia a largo plazo (siete días) describe una pérdida de masa con una tasa promedio del orden de  $10^{-5}$  mg/hr. La lima 1 muestra cambios de masa dentro de la resolución de la microbalanza por lo que se puede afirmar que el hipoclorito tiene un efecto químico nulo sobre dicha lima.

Algunos estudios han evaluado la influencia del NaOCl en la fractura de instrumento endodónticos de Níquel-Titanio. (Busslinger et al., 1998). El estudio de (Darabara et al., 2004) coincide con los estudios de Busslinger y Barbakow en donde evaluaron la corrosión de las limas causada por el hipoclorito a diferentes concentraciones, variando entre 0.5%-5.5% utilizando método de absorción atómica. Estos autores concluyeron que las cantidades de desprendimiento de iones debidas al proceso de corrosión por las soluciones de NaOCl son insignificantes.

Nuestro estudio difiere con los estudios de Costa en donde se sometieron las limas a una dinámica potencializadora de polarización en 1.0% de NaOCl y si se observó corrosión localizada. En este estudio los instrumentos fueron previamente utilizados en forma rotatoria en presencia de hipoclorito al 1.0% y al autoclave antes de cada uso. (Costa et al., 2000)

En el trabajo de (Yokoyama et al 2004) se menciona que durante la práctica clínica la corrosión en el material bajo tensión ocurre con NaOCl si el estrés que se coloca es mayor del límite crítico para producir la transformación de ausenita a martensita (Spili et al., 2005). Evaluaron el comportamiento de corrosión en las limas endodónticas de NITI en 5.25% de NaOCl con el método de polarización dinámica potencializadora cíclica, y concluyeron que ninguna de las limas estudiadas fue susceptible a la corrosión en esta solución.

En el estudio de Fabiola Ormiga se concluye por sus resultados de su trabajo que la exposición al 5.25 % de NaOCl no afecto en la resistencia a la fatiga por flexión ni en la resistencia a la torsión en limas NITI K3. Lo cual coincide con nuestro estudio ya que no hubo pérdida de masa en el tiempo establecido.

## VII. CONCLUSIÓN

Como conclusión, el proceso de desinfección que se realiza al sumergir las limas endodónticas de níquel titanio, ya sea en NaOCl al 5.25% o en Microdacyn 60® no tiene ningún efecto en la pérdida o ganancia de peso de manera significativa al pasar 24 horas por 7 días seguidos en ellas, por lo cual se concluye que no hay efecto corrosivo que llegue a afectar las limas en un procedimiento clínico debido a esta etapa de desinfección.

NaOCl al 5.25% tiene un amplio efecto antibacteriano, destruyendo bacterias, hongos, esporas y virus y no presentó efecto corrosivo en las limas de níquel titanio por lo tanto se recomienda su uso para la desinfección de estos instrumentos.

Microdacyn 60® al ser una Solución de Super-Oxidación de pH neutro, tiene características bactericidas, virucidas, fungicidas y esporicidas, se encuentra listo para usarse y no requiere de ninguna dilución o mezclado adicional, en este estudio no presentó efecto corrosivo, por lo tanto se recomienda su uso para la desinfección de limas de níquel titanio.

Mediante microscopia electrónica de barrido es apreciable el inicio de un efecto químico sobre limas expuestas al NaOCl al 5.25%, sin embargo es necesaria más investigación al respecto para poder concluir que impacto tiene en los instrumentos endodónticos de Níquel Titanio.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Alejandra O, Martha W. Immunohistochemical evaluation of the effects of sodium hypochlorite on dentin collagen and glycosaminoglycans. *J Endod.* 2002; 28(3):152-6.
2. Alexandrou G, Chrissafis K, Vasiliadis L. SEM observations and differential scanning calorimetric studies of new and sterilized nickel-titanium rotary endodontic instruments. *J Endod.* 2006;32 (5):675–679.
3. Balle M., López J, Badía M. Microscopía electrónica de barrido y microanálisis de rayos X. CSIC, 5ta ed. México: Ed. Rueda;1996 P 95-175.
4. Bettina B, Update on endodontics irrigating solutions. *Endodontic topics.* 2012;27 (2):74,102.
5. Busslinger BS, Barbakow F. Effects of sodium hypochlorite on nickel-titanium Light-speed instruments. *Int Endod J* 1998;31(3):290–4.
6. Canalda C, Brau A. Endodoncia: Técnicas clínicas y bases científicas. Editorial Masson, España, 2001.
7. Cheung G, Bian Z, Shen Y. Comparison of defects in ProTaper hand-operated and engine-driven instruments after clinical use. *Int Endod J.* 2007;40(2):169-178.
8. Chugal N, Clive J, Spangberg L. A prognostic model for assessment of the outcome of endodontic treatment: Effect of biologic and diagnostic variables. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2001;91(5):342–352.
9. Costa C, Alonso-Falleiros N, Santos M. Analisis Morfológico de la corrosión de tres instrumentos rotatorios de níquel titanio. *Int Endod J.* 2000;21(3):143-150.

10. Darabara M, Bourithis L, Zinelis S. Susceptibility to localized corrosion of stainless steel and NiTi endodontic instruments in irrigating solutions. *Int Endod J* 2004;37(4):705–10.
11. Fabiola O, Galvão B, José A. Influence of Sodium Hypochlorite on Mechanical Properties of K3 Nickel-Titanium Rotary Instruments *J Endod.* 2007;33(8) 589-91.
12. Frais S, Gulabivala K. Some factors affecting the concentration of available chlorine in commercial sources of sodium hypochlorite. *Int Endod J.* 2001; 34(5): 206-215.
13. Gambarini G, Gerosa R, De Luca M. Mechanical properties of a new and improved nickel-titanium alloy for endodontic use: an evaluation of file flexibility. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 2008; 105(4):798–800.
14. Gambarini G. Rationale for the use of low-torque endodontic motors in root canal instrumentation. *Endod Den Traumatol.* 2000; 16(2): 95-100.
15. Gao Z, Yin W, Han C. Observation on the effect of disinfection to HBsAg by electrolyzed oxidizing water. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 2001, 22(3):40-42,
16. Goldstein J, Newbury D, Echlin P. Scanning electron microscopy and X-ray microanalysis: a text for biologist, materials scientists, and geologist. 2nd. Ed. Springer Science. 1992(3): 740-746.
17. González, R. Manual de microscopía electrónica. Monografías de Ciencia Moderna. 2da ed. México 1966,P 111-13.
18. Goodhew P, Humphreys F, Beanland R. Electron microscopy and analysis, Taylor & Francis, Londres, 2001: 122.
19. Holger J, Gustavo D, Beatrice S. Stabilizing sodium hypochlorite at high pH: effects on soft tissue and dentin. *J Endod.* 2011;37(5):693-6.
20. Holton J, Nye P, McDonald V. Efficacy of selected disinfectants against mycobacterial and cryptosporidia. *J Hosp. Infect* 1994; 27(6): 105-115.
21. Inoue Y, Endo S, Kondo K. Trial of electrolyzed strong acid aqueous solution lavage in the treatment of peritonitis and intraperitoneal abscess. *Artif Organs.* 1997, 21(1):28-39.

22. Kazemi R, Stenman E, Spangberg LS. Machining efficiency and wear resistance of nickel-titanium endodontic files. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1996;81:596-602.
23. Landa S, González-Espinosa D, Guzman B. Microdacyn™ a novel super-oxidized water with neutral pH and disinfectant activity. Submitted, 2004.
24. Len SV, Hung YC, Chung D. Effects of storage conditions and pH on chlorine loss in electrolyzed oxidizing (EO) water. *J Agric Food Chem* 2002, 50:209-212.
25. Lenardo R, Cadenaro M. Effectiveness of 1 mol-l citric acid and 15% EDTA irrigation on smear layer removal. *Int Endod J* 2000; 33: 46-52.
26. Leonardo R, Renato D. *Sistemas rotatorios en Endodoncia: Instrumentos de Níquel-Titanio*. Editorial Artes médicas, 2002.
27. Ling Z, Wei L, Markus H. Penetration of Sodium Hypochlorite into Dentin. *J Endod.* 2010 ;36(5):793-6.
28. Loshon CA, Melly E, Setlow B and Setlow P. Analysis of the killing of spores of *Bacillus subtilis* by a new disinfectant, Sterilox®. *J Appl Microbiol* 2001, 91:1051-1058.
29. Martínez de Jesús, F. Sterilant for human wounds is changing patient's lives. *Infect Contr T.* 2004, 11(8).
30. MicroMed Laboratories, Petaluma, CA, USA, "Comparison Study of Diluted pHadjusted Bleach versus Microdacyn", March 3, 2004.
31. Mohammadi Z. Sodium hypochlorite in endodontics: an unupdate review. *Int Endod JI.* 2008;58:329-41.
32. Monika M, Jens F, Matthias Z. Impact of irrigant sequence on mechanical porperties of human root dentin. *J Endod* 2007;35(11):1325-28.
33. Morita C, Sano K, Morimatsu S. Disinfection potential of electrolyzed solutions containing sodium chloride at low concentrations. *J Virol Meth* 2000, 85:163-174.

34. Mounce R. Una reseña clínicamente relevante sobre el ensanchamiento del conducto con níquel titanio”. Academy of Dental Therapeutics and Stomatology, PennWell. 2008; 33: 10-23.
35. Muller M, Hermann, R. High resolution SEM-immunocytochemistry. In: Electron Microscopy. EUREM 92. 1992(3): 741-747.
36. Murphy J, Roomans, G. Preparation of biological specimens for scanning electron microscopy. Chicago, SEM Inc., AMF O'Hare 1980.
37. Nagamatsu Y, Chen KK, Tajima K. Durability of bactericidal activity in electrolyzed neutral water by storage. Dent Mater J 2002, 21:93-104.
38. Nathalie Z, Esteban B, José P. Estudio de la resistencia a la fractura por flexion y por torsión de diversas limas mecánicas rotatorias. Acta Odontol Venez. 2013; 47: 1-8
39. Nelson D. Newer technologies for endoscope disinfection: electrolyzed acid water and disposable-component endoscope systems. Gastr endosc Clin N Am 2000, 10:319-328.
40. Ohno H, Higashidate M, Yokosuka T. Mediastinal irrigation with superoxidized water after open-heart surgery: The safety and pitfalls of cardiovascular surgical application. Surg Today 2000, 30:1055-1056.
41. Özgür T, Cumhuri A, Tayfun A. Characteristics of Four Nickel-Titanium Rotary Instrument Systems under Standardized Conditions of Operator-related Variables. J Endod. 2007; 33:1117-1120.
42. Pruett J, Clement D, Carnes, D. Cyclic fatigue testing of nickeltitanium endodontic instruments. J Endod. 1997; 23:77-85.
43. Ray H, Trope M. Periapical status of endodontically treated teeth in relation to the technical quality of the root filling and the coronal restoration. Int Endod J 1995;28: 12–8.
44. Ricardo G, Paul W, Michel V. Influence of the Dentinal Wall on the pH of Sodium Hypochlorite during Root Canal Irrigation. J Endod 2014;40(7):1005- 8.
45. Ruddy M. Kibbler C.C. Endoscopic decontamination: an audit and practical review. J Hosp Infec 2002; 50: 261-68.

46. Rutala W.A, Webe D.J, New Disinfection and Sterilization Method. *Emerg Infec Dis* 2001;7: 348- 53.
47. Rutala W.A. Infection control: The role of disinfection and sterilization. *J Hosp Infect* 1999; 43 Suppl: S43-55.
48. Sakashita M, Iwasawa A, Nakamura Y. Antimicrobial effects and efficacy on habitually hand-washing of strong acidic electrolyzed water. A comparative study of alcoholic antiseptics and soap and tap water. *Kansenshogaku Zasshi* 2002, 76:373-377.
49. Sattapan B, Nervo G, Palamara J. Defects in Rotary NickelTitanium Files After Clinical Use. *J Endod.* 2000 ; 26: 35-39
50. Sattapan B, Palamara EA, Messer H. Torque during canal instrumentation using rotary nickel-titanium files. *J Endodon* 2000;26:156-60.
51. Sekiya S, Ohmori K, Harii K. Treatment of infectious skin defects or ulcers with electrolyzed strong acid aqueous solution. *Aritif Organs* 1997, 21:32-38
52. Séller I, Williams C, Jefries D. Clearing and disinfection of equipment for gastrointestinal flexible endoscopy: interim recommendation of Working party of the British Society of Gastroenterology. *Gut* 1988; 29:1134-1151.
53. Seymour S. *Disinfection, Sterilization & Preservation*, 5th edition, Lippincott Williams & Wilkins, ISBN 0-683-30740-1, 2001.
54. Shen Y, Coil J, McLean A, Hemerling D. Defects in nickel-titanium instruments after clinical use. Part 5: single use from endodontic specialty practices. *J Endod* 2009; 35(10):1363-7.
55. Shen Y, Qian W, Abtin H, et al. Effect of environment on fatigue failure of controlled memory wire nickel-titanium rotary instruments. *J Endod* 2012;38:376.
56. Sim T, Knowles J, Shelton J. Effect of sodium hypochlorite on mechanical properties of dentine and tooth surface strain. *Int Endod J.* 2001;34:120-32.



57. Sjögren U, Figdor D, Persson S. Influence of infection at the time of root filling on the outcome of endodontic treatment of teeth with apical periodontitis. *Int Endod J* 1997;30:297–306.
58. Spili P, Parashos P, Messer H. The impact of instrument fracture on outcome of endodontic treatment. *J Endod* 2005;31:845–50.
59. Svec A, Powers J. The deterioration of rotary nickel-titanium files under controlled conditions. *J Endod.* 2002; 28:105–7.
60. Tanaka H, Hirakata Y, Kaku M. Antimicrobial activity of superoxidized water. *J Hosp Infect* 1996, 34:43-49.
61. Thompson S, Charles A, Michael M. Evaluation of single use rotary Nickel-titanium instruments. *J Endod.* 200; 29: 664-666
62. Thompson S. An overview of nickel-titanium alloys used in dentistry. *Int Endod J.* 2000; 33, 297-310.
63. Tripi T, Bonaccorso A, Condorelli G. Cyclic fatigue of different nickel-titanium endodontic rotary instruments. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2006;102:106-14.
64. U.S. Environmental Protection Agency. Pesticide Assessment Guidelines, Subdivision G: Product performance 91,2, November 1982. U.S. EPA, Registration Division, Office of Pesticide Programs, DIS/TSS-7/Nov.12, 1981.
65. Venkitanarayanan KS, Ezeike GO, Hung YC. Efficacy of electrolyzed oxidizing water for inactivating *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella enteritidis*, and *Listeria monocytogenes*. *Appl Environ Microbiol* 1999, 65:4276-4279.
66. Walia H, Brantley WA, Gerstein H. An initial investigation of the bending and torsional properties of nitinol root canal files. *J Endodon* 1988; (7): 346-35.
67. Yared G, Bou D. Failure of Profile instruments used with high and low torque motors. *Int Endod J* 2001; 34: 471-475.
68. Yeguez R.E. Aleación de Níquel-Titanio y su uso en endodoncia. *Acta Odontol Venez.* 2000; Vol.38; 1-18

69. Yokoyama K, Kaneko K, Yabuta E. Fracture of nickel-titanium superelastic alloy in sodium hypochlorite solution. *Mater Sci Eng* 2004;A369:43–8.
70. Zach H, Schafer, G. A high resolution low-voltage scanning electron microscope for biological applications. In: *Electron Microscopy. EUREM* 1992 (3): 729-733.
71. Zehnder M. Root canal irrigants. *J Endod.* 2006;32(5):389-98.