



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA



**ANÁLISIS DE SUPERFICIE Y CORROSIÓN EN IMPLANTES
PREVIAMENTE RETIRADOS POR PERI-IMPLANTITIS**

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

CIRUJANO DENTISTA

P R E S E N T A

WALTER GONZÁLEZ PLATA CORTÉS

TUTOR: Dr. GABRIEL SÁEZ ESPÍNOLA

MÉXICO, Cd. Mx.

2018



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A mis padres, que siempre han sido la motivación constante para dar lo mejor de mí.

A mi hermano, el primer amigo que tuve en la vida.

A Elvia, que estuvo ahí durante éstos 5 años de esfuerzo.

Dr. Gabriel Sáez Espínola, gracias por dirigir este trabajo, es un gran ejemplo de un excelente maestro y guía en la vida académica.

A mis maestros Raúl León Aguilar y María Angélica Castillo Domínguez, gracias por su guía durante mi estancia en la facultad, cargo conmigo un grato recuerdo de ustedes.

Índice

I. INTRODUCCIÓN	4
II. ANTECEDENTES	5
2.1 Implante	5
2.2 Titanio	7
2.3 Interacción del titanio y partículas de la prótesis con el tejido circundante	10
2.4 Peri-Implantitis	11
2.5 Corrosión	11
2.6 Tribocorrosión	12
2.7 Corrosión Galvánica y migración metálica	13
2.8 La cavidad oral como ambiente corrosivo	13
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN	15
IV. HIPÓTESIS	15
Hipótesis de trabajo	15
Hipótesis nula	15
V. OBJETIVOS	15
5.1 Objetivo general	15
5.2 Objetivos específicos	16
VI. MATERIAL Y MÉTODO	16
6.1 Microscopía óptica	17
6.2 Microscopía electrónica de barrido	17
VII. RESULTADOS	18
7.1 Microscopía óptica	18
7.2 Microscopía electrónica de barrido	29
VIII. DISCUSIÓN	37
8.1 Depósitos salinos en la superficie tratada	37
8.2 Estudios In Vitro respecto a los daños del titanio	38
8.3 Estudios observacionales	40
IX. CONCLUSIONES	43
X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la rehabilitación oral ofrece una amplia gama de opciones las cuales se han desarrollado con el tiempo. Dentro de éstas opciones, los implantes endo-óseos han ganado una gran popularidad ya que éstos dispositivos otorgan al paciente un gran número de ventajas, como puede ser la alta estética, contar con prótesis de carácter fijo en la mayoría de los casos, mejoras en la fonación, así como recuperar en buen medida la función del aparato masticatorio. Los implantes dentales, desarrollados por Branemark desde 1965, han ido evolucionando, dando lugar a diversas marcas comerciales, sistemas y técnicas, que aún presentan casos de pérdida o falla.

Es aquí donde toma importancia el estudio de éstos dispositivos así como de las condiciones del paciente a las cuales se enfrentó, para poder así, entender los fenómenos o mecanismos por los cuales pudiera perderse una de éstas piezas

Este trabajo, tomará desde un papel observacional, el análisis de superficie, de 10 implantes presentes en condiciones patológicas, para aportar a la búsqueda y relación de los factores que pueden dañar la superficie metálica de un implante.

II. ANTECEDENTES

Después de la pérdida de uno o varios órganos dentarios, estos deben ser sustituidos para devolver la función del paciente. En la actualidad, los implantes dentales, son una opción de tratamiento que es longeva funcional y con lo que pueden devolver una alta estética. Éstos implantes de forma radicular, representan un tratamiento con alta predictibilidad y supervivencia en la mayoría de los casos. A pesar de que los índices de éxito son altos, desde el 5% hasta el 11% de los implantes fallan en un tiempo de 10 a 15 años, por lo cual deben ser retirados. Estas pérdidas generalmente pueden ser atribuidas a diferentes factores biológicos y biomecánicos, pero la suma de todos éstos mas la etiología específica de un paciente resulta en la pérdida de un implante dental.¹

Una de las causas representativas por la cual un implante dental debe ser retirado es la peri-implantitis.

2.1 Implante

Un implante, como lo define la Academia de Oseointegración, en su glosario de términos, “Es un sustituto biocompatible de un órgano dental perdido, de origen no biológico (titanio comercialmente puro), colocado quirúrgicamente en un lecho óseo, para el mejoramiento de una condición desdentada existente.”²

El implante será una pieza de titanio maquinada que posteriormente pasara por diferentes tipos de tratamiento dependiendo de la zona.³

Los implantes oseointegrados deben cumplir con ciertos criterios para

ser considerados exitosos. Estos criterios de éxito son a) debe ser inmóvil; b) no debe invadir ninguna estructura anatómica importante; c) pérdida ósea no mayor a .2mm por año en la cresta ósea; d) no ocasionar infecciones y/o dolor.⁴

La Oseointegración es la unión directa y funcional del tejido óseo vivo con la superficie del titanio, es decir, una unión sin interfaces entre el hueso y el titanio.²

Compuestos naturales como el oxígeno y el titanio al combinarse producen óxidos en varias configuraciones, TiO, TiO₂, Ti₂O₃ y Ti₃O₅. Esta capa de óxido es esencial para la unión y supervivencia entre el implante y el hueso vivo.⁵

El porcentaje de éxito de estos implantes va desde un 89% hasta un 95%, cuando son evaluados a largo tiempo. Los implantes oseointegrados, a pesar de que presentan un éxito muy alto, pueden perder su integración ósea y tienen que ser removidos.⁴ Entre las múltiples causas de fracaso, se pueden atribuir a diferentes factores biológicos y biomecánicos, pero la suma de todos éstos factores más la condición específica de un paciente puede resultar en la pérdida de un implante dental.¹

Los implantes oseointegrados pueden tener varias formas, cilindros, tornillos y forma radicular (cónicos).

Estos implantes tienen varias zonas como son: conexión, plataforma y cuerdas.

La conexión se define como el lugar donde ocurre la fijación retención y estabilización de una restauración que nace desde un implante hacia la cavidad oral.

La plataforma es la estructura que debe determinar el nivel óseo de donde nace una restauración o un aditamento sobre un implante y es asiento de dicha restauración.

La Cuerda es la parte de implante la cual estará en íntimo contacto con el tejido óseo. Dependiendo del sistema de implantes a utilizar, éstos presentarán puntas activas para hacer una pieza auto-roscable, o una punta la cual seguirá una cuerda hecha por técnica quirúrgica. En la actualidad la mayoría de éstas superficies están tratadas por medio de diferentes métodos como Láser, ácido, arenado, etc. (fig.1).²



Fig.1 A) se muestra la rehabilitación de un implante y la interacción entre la conexión y el aditamento protésico. B) se muestran diferentes tipos de conexiones 1) Trilobular 2) Hexágono interno 3) hexágono externo. C) se muestra la cuerda donde se encuentra la superficie tratada o maquinada y dos tipos diferentes de plataformas.

2.2 Titanio

El titanio es un metal utilizado como biomaterial, que actualmente en la odontología, representa una opción común y segura para la creación de implantes endo-óseos, sin embargo, la elección para las aleaciones utilizadas en una supra estructura de carácter protésica aun presenta

mayor número de interrogantes. El titanio comercialmente puro y sus aleaciones son ampliamente aceptadas por ser un material biocompatible. Las propiedades mecánicas poseen condiciones ideales ya que presenta una excelente resistencia a la carga, es un metal tenaz y dúctil, variando ésta última cualidad con el contenido de oxígeno. El titanio por otra parte tiene una excelente resistencia a la corrosión.^{3,6}

El titanio comercialmente puro, es distribuido en diversos tipos los cuales tienen diferentes aplicaciones, de acuerdo a la norma 67 de la ASTM, los tipos comúnmente utilizados para fines médicos son el grado II, IV y V. El grado IV presenta una mayor fuerza tensil en comparación al grado II (aproximadamente 560 MPa contra 360 MPa), sin embargo, es un material de menor pureza y afectado mayormente por la corrosión (98.9% contra 99.8%).¹

La siguiente tabla presenta algunos de los tipos del titanio comercialmente puro existentes utilizados para fines médicos, así como sus aplicaciones en otras áreas, junto con aleaciones derivadas del mismo (tabla-1).³

**ANÁLISIS DE SUPERFICIE Y CORROSIÓN EN IMPLANTES PREVIAMENTE
RETIRADOS POR PERI-IMPLANTITIS**

Tabla 1: Tipos de Titanio Comercialmente Puro y sus usos en Industria

Tipo	Uso	Estándar(es) para fines médicos
Grado I	Médico, Anodización dimensional estable, automotriz, arquitectura	ASTM67
Grado II	Médico, Aeroespacial, automotriz, procesos químicos, Marina	ASTM67
Grado III	Médico, aeroespacial, arquitectura, automotriz, procesamiento de hidrocarburos	ASTM67
Grado IV	Médico, Aeroespacial, Procesos Químicos	ASTM67
Grado V (Ti-6Al-4V)	Médico, Aeroespacial, procesos químicos, Marina	ASTM67
Grado IX (Ti-3Al-2.5V)	Médico, Aeroespacial, Automotriz, Procesos químicos, Servicios de Transporte	ASTM67

El titanio al ser un metal que forma capas de oxido de entre 5-10nm rápidamente al ser expuesto a oxígeno o en este caso, fluidos fisiológicos, evita que el material este en una constante disolución

mandando iones metálicos a los tejidos haciéndolo un material de elección para la elaboración de éstos sistemas.⁷

La degradación del titanio en la superficie del implante, así como el titanio presente en los aditamentos protésicos, estará sujeta a las condiciones de la cavidad oral, la cual representa un ambiente dinámico y corrosivo resultante de la presencia de diferentes sustancias y microorganismos que pueden afectar el desempeño de un biomaterial.¹

Por otra parte, se ha demostrado que las capas de óxido de titanio pueden degradarse en presencia de sustancias corrosivas dentro la cavidad oral. Sustancias como fluoruros, ácido láctico, peróxido de carbamida o de hidrógeno.⁸

2.3 Interacción del titanio y partículas de la prótesis con el tejido circundante

En los implantes médicos así como dentales, la pérdida de sustancia y la liberación de iones hacia el tejido pudiera estar relacionado con reacciones inflamatorias.⁸

Souza, en el 2015, a través de una revisión, encuentra que en estudios In Vitro se reporta un crecimiento celular disminuido en experimentos In Vitro, cuando había presencia de Al, Va y Ti en el medio.⁸

De acuerdo a Noronha Oliviera en 2017, en una revisión bibliográfica, pudo llegar a conclusiones acerca del titanio en el tejido, algunas de importancia marcan que los iones de este metal y sus partículas pueden tener efectos citotóxicos y en algunas ocasiones mutágeno. La toxicidad es una cualidad la cual es dependiente al tamaño de las partículas desprendidas de la pieza. Los metales usados en las aleaciones protésicas así como los rastros de titanio comercialmente puro liberados al tejido pueden ser citotóxicos y en ocasiones mutágenos de igual manera a grandes concentraciones.¹

2.4 Peri-Implantitis

De acuerdo del reporte del consenso realizado en 2017 entre la Academia Americana de Periodoncia y la Federación Europea de Periodontología la peri-implantitis es una condición patológica asociada a la acumulación de placa alrededor de los tejidos peri-implantarios. Clínicamente se caracteriza por inflamación, incremento progresivo de las profundidades al sondear sangrado al sondeo, supuración, recesión de los márgenes de la mucosa así como pérdida ósea en comparación a exámenes previos.

Histológicamente se caracteriza por un gran número de células plasmáticas, neutrófilos y macrófagos, las lesiones se extienden en dirección apical desde el epitelio de unión.⁹

Esta condición es tratable, y una parte crítica del tratamiento será la descontaminación de la superficie, la cual puede llevarse a cabo desde métodos de antibioticoterapia hasta procedimientos quirúrgicos, los cuales tendrán el objetivo de retirar el biofilm y el tejido de granulación que rodee toda la superficie de la pieza.

Estos procedimientos pueden resultar en un daño a la superficie del implante o aditamentos.¹

2.5 Corrosión

El termino corrosión indica un proceso lento y continuo de consumación que resulta en el deterioro de un material.

Generalmente la corrosión se asocia a materiales metálicos (metales y aleaciones), pero esta puede ocurrir en diferentes tipos como los materiales cerámicos o poliméricos.

La corrosión metálica puede ser definida como un proceso de degradación y recomposición con otros elementos. Ésta ocurre cuando el material metálico presente es ionizado en una solución, o expuesto a oxígeno, formando así compuestos que puede desprenderse de la pieza principal o solubilizados en el medio. La corrosión, de igual manera, es un fenómeno electroquímico consecuencia de dos electrodos, un ánodo y un cátodo, donde la reacción anódica formará capas de óxido o sales.³

2.6 Tribocorrosión

La tribocorrosión es un área de investigación dentro de la corrosión que se encarga de estudiar y analizar los fenómenos y procesos de deterioro y transformación causados por los efectos combinados de la corrosión y el desgaste. Estas interacciones químicas, mecánicas y electroquímicas que suceden dentro de medios potencialmente corrosivos pueden acelerar la corrosión y así disminuir la vida de un material.^{3,10}

Así mismo, el comportamiento de la tribocorrosión puede ser estudiado en ambientes biológicos, denominando así el fenómeno bio-tribocorrosión.¹⁰

2.7 Corrosión Galvánica y migración metálica

La corrosión Galvánica es un fenómeno corrosivo electroquímico, donde dos metales en contacto, que estén inmersos en un electrolito actúen como un ánodo y un cátodo. Esta interacción creará corrientes eléctricas donde el metal de menor nobleza será afectada por fenómenos corrosivos, y de manera periódica sea disuelto en forma iónica. El metal desprendido tenderá a migrar hacia el metal de menor actividad, pudiendo crear depósitos del mismo metal o siendo en este caso disueltos en el tejido. En un sistema de implantes, el titanio pudiera actuar de ánodo y cátodo dependiendo del tipo de metal que se pudiera encontrar en la estructura protésica.⁶

2.8 La cavidad oral como ambiente corrosivo

La degradación del titanio en la superficie del implante, así como el titanio presente en los aditamentos protésicos, estará sujeta a las condiciones de la cavidad oral, la cual representa un ambiente dinámico y corrosivo resultante de la presencia de diferentes sustancias y microorganismos que pueden afectar el desempeño de un biomaterial.¹

Por otra parte, se ha demostrado que las capas de óxido de titanio pueden degradarse en presencia de sustancias corrosivas dentro la cavidad oral. Sustancias como fluoruros, ácido láctico, peróxido de carbamida o de hidrógeno.⁸

Muchos factores juegan un papel en estos procesos, por ejemplo las fuerzas de masticación. Éstas fuerzas durante un ciclo masticatorio, que pueden llegar a ser de 400 a 600N en zona de molares, deben ser soportadas por un implante, lo cual generará fatiga y desgaste, que,

aunque sea mínima, y al no haber ligamento periodontal, el impacto será mayor en un implante que un diente natural.⁸

La saliva, al ser un electrolito puede jugar un papel de intercambio iónico entre metales dentro de la cavidad oral. Específicamente puede ser entre el metal que este en contacto directo en la supra-estructura, generando una diferencia de potencial y llevando así un proceso de corrosión Galvánica.^{6,8}

Así también, la presencia de otros compuestos y productos como LPS (lipopolisacárido) o albúmina incluidos en el electrolito pueden tener un efecto negativo o positivo en el desgaste y corrosión de un implante.⁸

Los biofilms dentro de la cavidad oral, también pueden tener efecto en la tribocorrosión de un implante, que puede estar influenciado por la composición del mismo biofilm, su proceso de adhesión, el tipo de microorganismos, así como su metabolitos.⁸ A pesar de que la peri-implantitis no presenta una tipo de bacteria en específico⁹, las agregaciones y productos de éstas pueden tener un efecto dañino en la superficie del implante ya que la topografía de éstos sistemas ofrece zonas de mayor susceptibilidad para que los microorganismos formen colonias, más fácilmente en superficies rugosas que en lisas.⁸

En un sistema de implantes, la colonización bacteriana comienza por el área protésica expuesta al medio oral, de ahí, por medio de micro surcos debido a la discrepancia entre la conexión y el aditamento, las bacterias pueden penetrar de manera apical.⁸

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

La bibliografía relativa al titanio en implantes dentales expone que este metal puede sufrir daños bajo ciertas condiciones, estos daños al provocar desprendimiento de titanio pueden presentar reacciones inflamatorias, hipersensibilidad o actividad mutágena, el estudiar muestras retiradas de ambientes patológicos permitiría evaluar daños presentes así como buscar el origen de los mismos. Este estudio permitiría evaluar la condición de lo implantes después de estar sujetos a una serie de condiciones y diferentes técnicas de manipulación.

IV. HIPÓTESIS

Hipótesis de trabajo

Los implantes retirados por peri-implantitis, mostrarán daño por corrosión en la zona de plataforma y cuerda.

Hipótesis nula

Los implantes retirados por peri-implantitis no mostrarán daño por corrosión en la zona de plataforma y cuerda.

V. OBJETIVOS

5.1 Objetivo general

Realizar observaciones a 10 implantes dentales, así como analizar la superficie del implante después de ser retirados de ambientes con peri-implantitis.

5.2 Objetivos específicos

Llevar a cabo observaciones en microscopio óptico para determinar la zona de mayor daño en cada implante dental, así como la búsqueda de materiales ajenos, obteniendo registro fotográfico de las mismas.

Observar las zonas seleccionadas en el microscopio electrónico de barrido (MEB), diferenciando entre las zonas del implante descritas y buscando indicios de daño por picadura, daño accidental y se obtendrán micrografías de las mismas.

Realizar un análisis de composición por medio de dispersión de rayos X de la superficie y de materiales ajenos, buscando la composición orgánica e inorgánica de los mismos.

VI. MATERIAL Y MÉTODO

Se analizaron 10 implantes dentales, los cuales habían sido extraídos por un diagnóstico de peri-implantitis. Los criterios para el retiro de los implantes fueron: movilidad, presencia de sangrado al sondeo, exudado, dolor a la presión y que al examen radiográfico presentaran zonas radiolúcidas mas allá de tercio inferior del implante.

6.1 Microscopía óptica

Los implantes fueron observados en principio en el microscopio óptico, MOY, MEC-10 N. 91177390, donde se obtuvieron registros fotográficos a 8X, 16X, 32X y 56X. Por medio de esta observación se obtuvo registro de la zonas que tuvieran un daño evidente para posteriormente ser evaluado en el MEB. Se obtuvieron registros de la apariencia de los depósitos en cada muestra.

6.2 Microscopía electrónica de barrido

Posteriormente los implantes fueron llevados al MEB (Microscopio electrónico de barrido), ubicado en el instituto de Materiales de la UNAM (JEOL, JSM-7600F), donde fueron obtenidos registros fotográficos a un rango de 50x, 100x, 250x, 1000x y 2500x, de las zonas previamente seleccionadas en el microscopio óptico, y realizándose un análisis por dispersión de rayos X para obtener la composición del metal o aleación de la superficie, así como evaluar la composición de los depósitos en la superficie de los implantes.

VII. RESULTADOS

7.1 Microscopía óptica

A la observación en el microscopio óptico, se pudo observar en la superficie tratada de los 10 implantes, depósitos de consistencia aparentemente dura, los cuales en la mayoría de las piezas se encontraban en 2 caras, en caras opuestas. El color de los depósitos en las muestras 1 a 3 rondaban en un color blanco-amarillento y era de apariencia cristalina, al aumentar la magnificación el depósito no mostraba poros y resaltaba con la luz del instrumento. En las muestras 4 a 7, el color del material adherido a la superficie iba de un color amarillento a tonos cafés-parduzcos. En las últimas 3 muestras, el depósito en la superficie era menor en cantidad a las muestras previas y de tonos oscuros. Es importante mencionar los depósitos se encontraban situados en mayor cantidad en el tercio superior de la pieza, empezando desde la parte más cercana a la plataforma, descendiendo en la mayoría de las piezas hasta el tercio medio. A pesar de que el material era poco en el tercio inferior, en algunas piezas se observaron rastros del mismo.

Por otra parte, estructuralmente los implantes no mostraron fracturas tanto transversales como verticales, sin embargo en algunas piezas se pudieron observar desprendimientos de la superficie tratada, que no obedecían ningún patrón de forma en particular, simplemente se observaba el titanio con un brillo superior a las superficies contiguas.

En la zona de la plataforma también se observaron daños estructurales, donde se pudieron identificar zonas de pérdida de brillo, desprendimientos de titanio en algunas de las muestras, así como algunos daños de aspecto crateriforme no presentes en otras zonas.

**ANÁLISIS DE SUPERFICIE Y CORROSIÓN EN IMPLANTES PREVIAMENTE
RETIRADOS POR PERI-IMPLANTITIS**

Éstos daños a pesar de no cubrir una gran área de la plataforma se lograron observar repetidamente en algunas de las muestras (fig. 2-11).

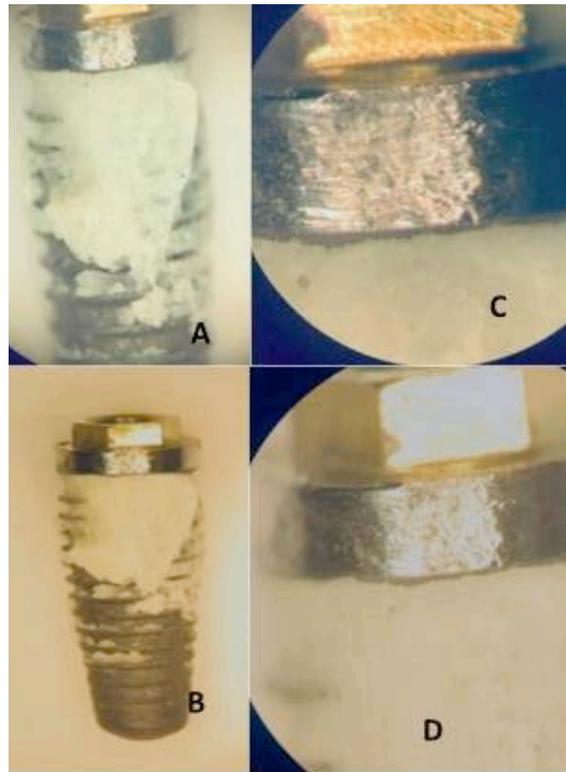


Fig. 2 Fotografías de muestra 1 Steri Oss Replace external Hex. A)16X se aprecian depósitos blanquecinos en zona de cuerda. B)8X pieza completa al microscopio. C)32X se observa una zona rugosa en el cuello del implante. D) 56X Ampliación de la zona rugosa, pérdida de brillo y textura diferente al titanio pulido.

**ANÁLISIS DE SUPERFICIE Y CORROSIÓN EN IMPLANTES PREVIAMENTE
RETIRADOS POR PERI-IMPLANTITIS**

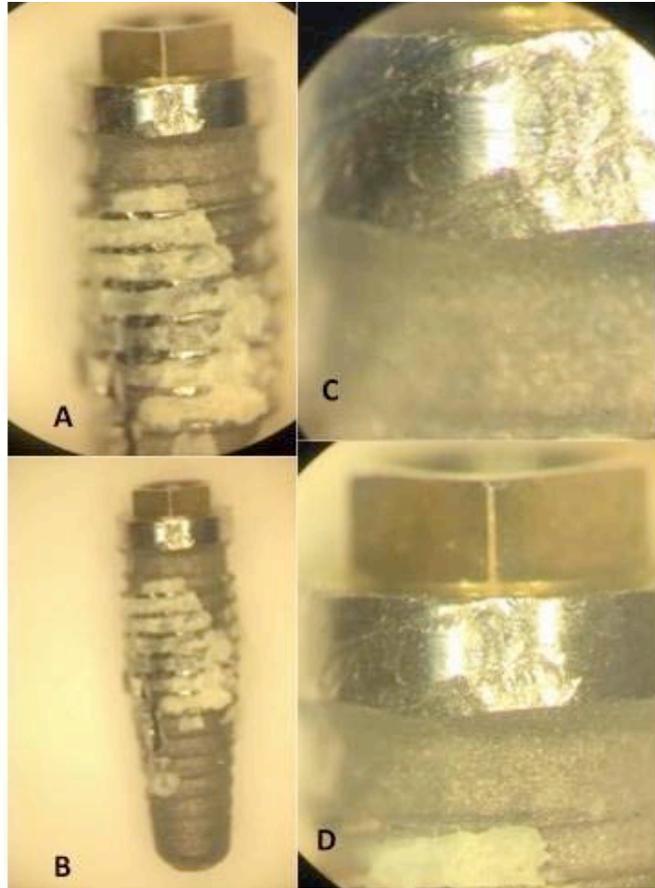


Fig. 3 Muestra 2, Steri-oss Replace External Hex. A) 16X depósitos de color blanco en la zona de la cuerda en los dos primeros tercios. B) fotografía del implante. C) 56X zona en el cuello con pérdida de brillo y cambio en textura. D) 32X fotografía del cuello del implante donde se aprecia metal pulido y zonas con aparentes daños, así como en el ángulo plataforma-cuello.

**ANÁLISIS DE SUPERFICIE Y CORROSIÓN EN IMPLANTES PREVIAMENTE
RETIRADOS POR PERI-IMPLANTITIS**

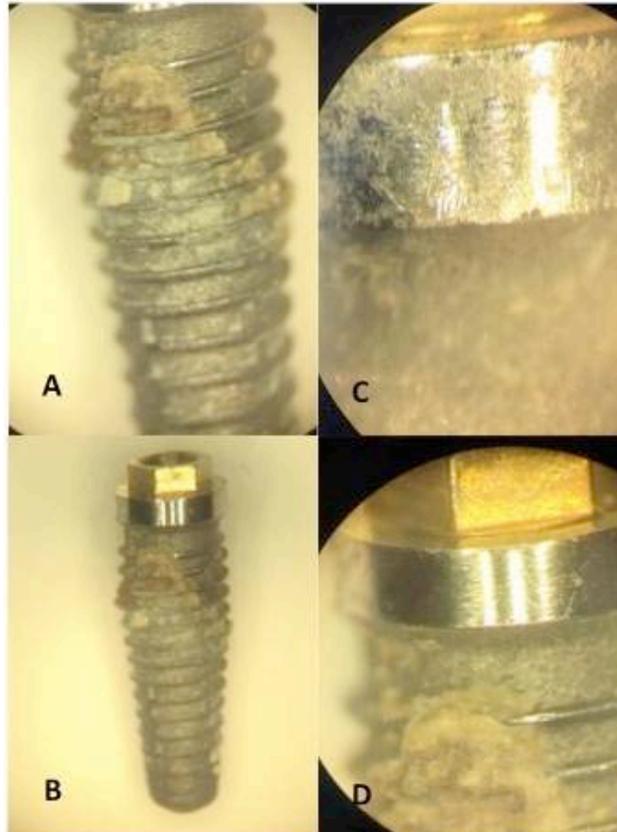


Fig. 4 Muestra 3, Steri-Oss Replace External Hex. A) 16X se pueden apreciar depósitos en zona de cuerda con tonos parduzcos y blancos. B) Fotografía del implante. C) 56X zona de cuello donde se puede observar una pérdida de brillo al magnificar. D) 32X se puede observar la zona de conexión, plataforma y cuerda, donde el daños estructural fue seleccionado en la zona de la plataforma y cuello.

**ANÁLISIS DE SUPERFICIE Y CORROSIÓN EN IMPLANTES PREVIAMENTE
RETIRADOS POR PERI-IMPLANTITIS**

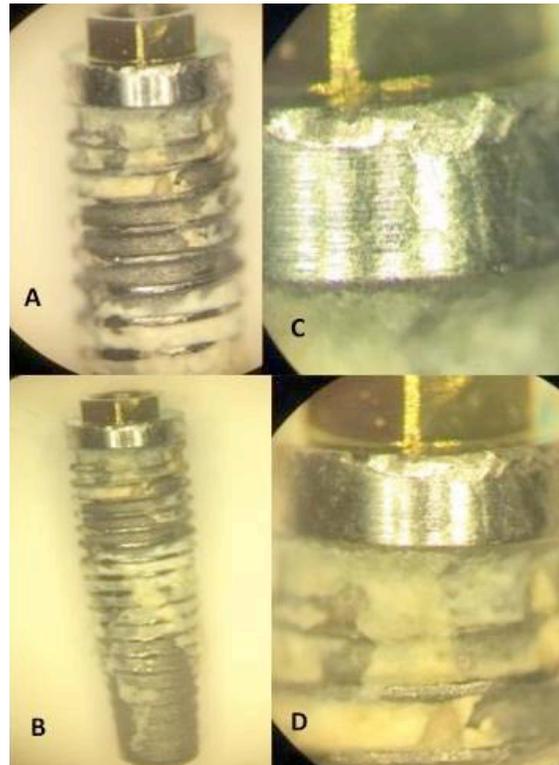


Fig. 5 Muestra 4, Steri-Oss Replace External Hex, A) 16X depósitos en zona de cuerda de tonos blancos con café. B) fotografía del Implante. C) zona de cuello y plataforma a 56X donde se puede observar el daño al titanio con pérdida de brillo y alta de continuidad de la estructura. D) Se observan las 3 zonas principales a 32X donde se selecciona el cuello por el daño aparente.

**ANÁLISIS DE SUPERFICIE Y CORROSIÓN EN IMPLANTES PREVIAMENTE
RETIRADOS POR PERI-IMPLANTITIS**

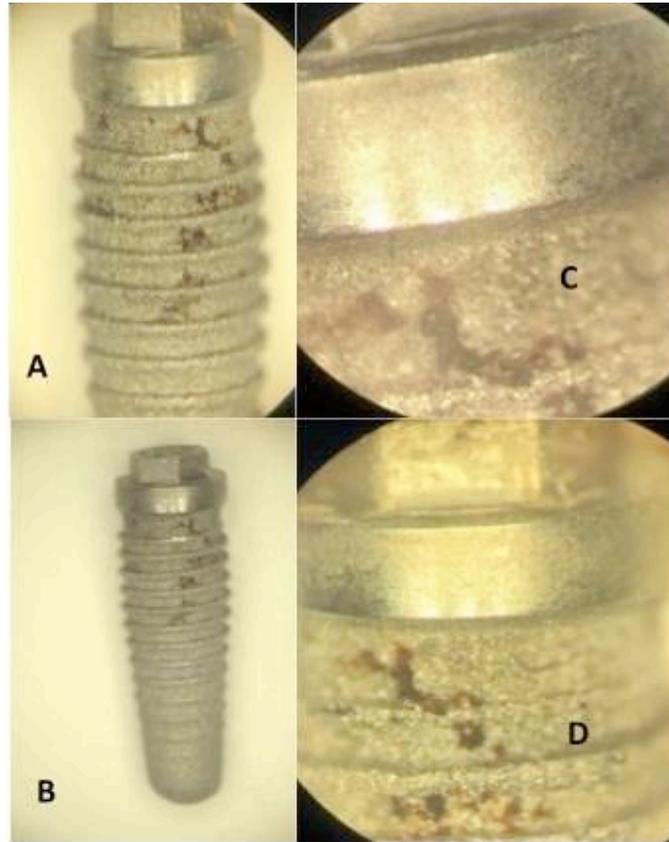


Fig. 6 Muestra 5, Steri-Oss Replace External Hex A)16X Los depósitos en esta muestra fueron menores en cantidad en comparación a las anteriores y de tonos cafés. B) Fotografía del implante. C) 56X donde se observa una pérdida de brillo en plataforma y cuello D) 32X donde el cuello y la conexión presentan tonalidades diferentes a examinar a mayor magnificación.

**ANÁLISIS DE SUPERFICIE Y CORROSIÓN EN IMPLANTES PREVIAMENTE
RETIRADOS POR PERI-IMPLANTITIS**

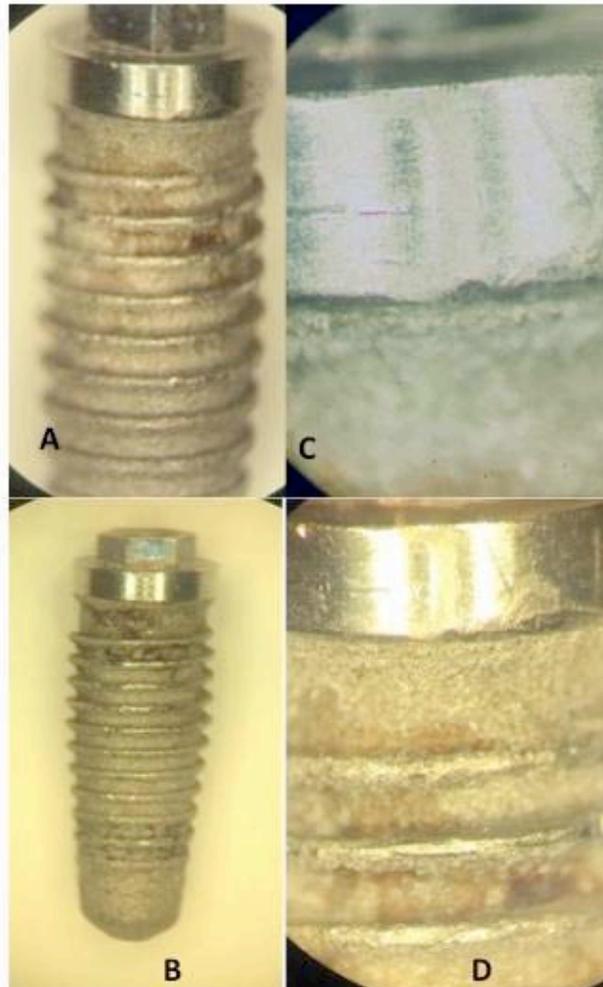


Fig. 7 Muestra 6, Steri-Oss Replace External Hex. A) 16X Depósitos de cantidad menor a las primeras muestras en zona de cuerda. B) Fotografía del Implante. C) 56X se puede apreciar daño al cuello con pérdida de brillo y surcos. D) 32X ampliación de los depósitos de tono café.

**ANÁLISIS DE SUPERFICIE Y CORROSIÓN EN IMPLANTES PREVIAMENTE
RETIRADOS POR PERI-IMPLANTITIS**

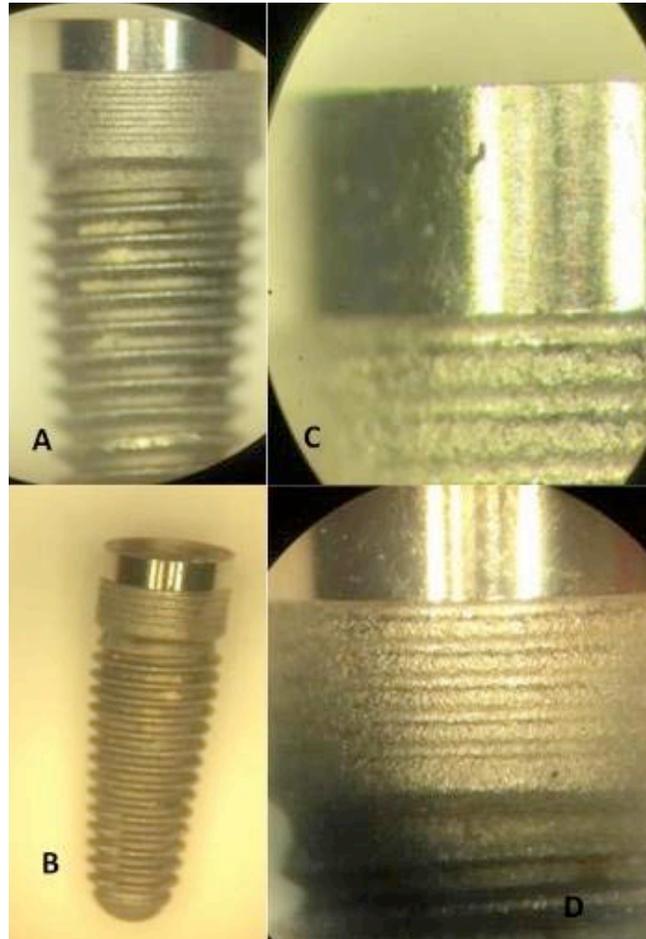


Fig. 8 Muestra 7 Sistema Keystone Renova, conexión Interna. A) 16X Se observan depósitos en pequeños agregados a través de toda la cuerda así como un cambio de tonalidad en el tercio inferior. B) Fotografía del implante. C) 56X la zona del cuello muestra pérdida de brillo así como zonas de contraste al titanio pulido. D) 32X zona de cuello y cuerda donde se aprecian alteraciones en e color del cuello.

**ANÁLISIS DE SUPERFICIE Y CORROSIÓN EN IMPLANTES PREVIAMENTE
RETIRADOS POR PERI-IMPLANTITIS**

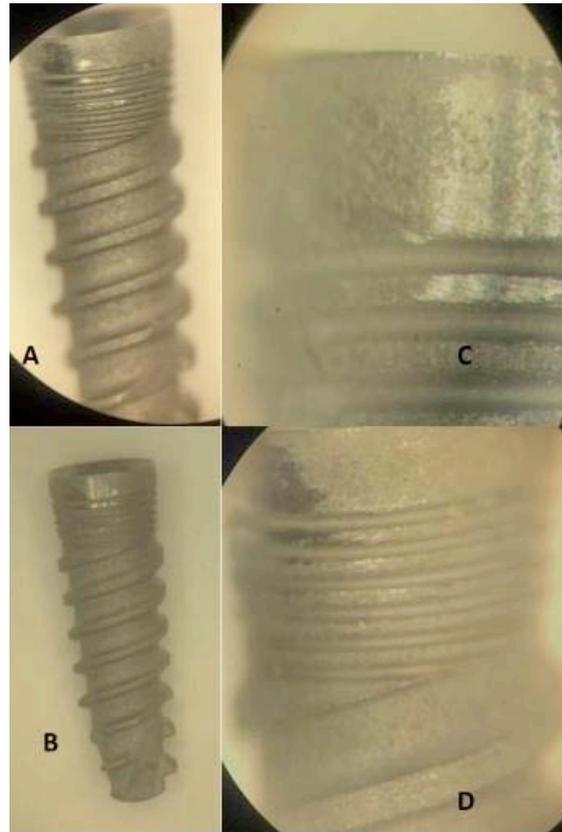


Fig. 9 Muestra 8 Sistema Mis Seven de conexión Interna. A) 16X, se aprecia una zona que aparenta daño por picadura en la zona del cuello. B) fotografía del implante. C) 56X se amplía la zona donde se observan poros en el metal. D) 32X se aprecia el contraste de color en zona de cuello.

**ANÁLISIS DE SUPERFICIE Y CORROSIÓN EN IMPLANTES PREVIAMENTE
RETIRADOS POR PERI-IMPLANTITIS**

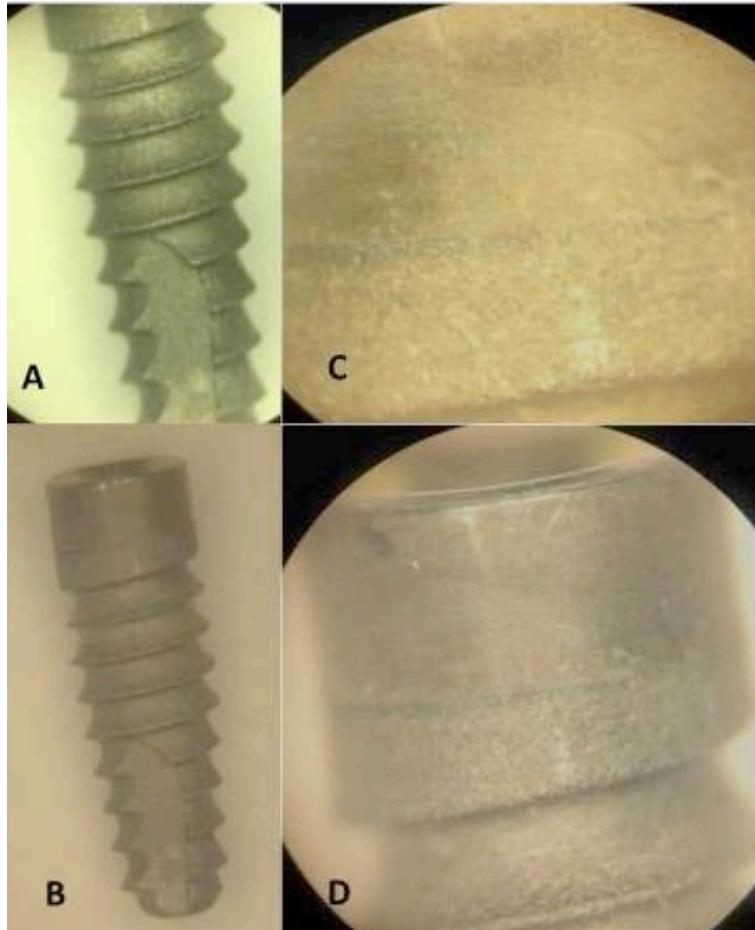


Fig. 10 Muestra 9 Sistema Laser-Lok de Bio-horizons de conexión interna. A) 16Xse aprecia la diferencia en la punta a comparación de las primeras 6 muestras, donde se localizan pequeños agregados. B) fotografía del implante. C) Zona de cuello donde hay una pérdida de brillo. D) 32X zona de cuello y cuerda donde se observa la diferencia entre el tratamiento y acabado de cada superficie., así como algunos daños en el cuello.

**ANÁLISIS DE SUPERFICIE Y CORROSIÓN EN IMPLANTES PREVIAMENTE
RETIRADOS POR PERI-IMPLANTITIS**

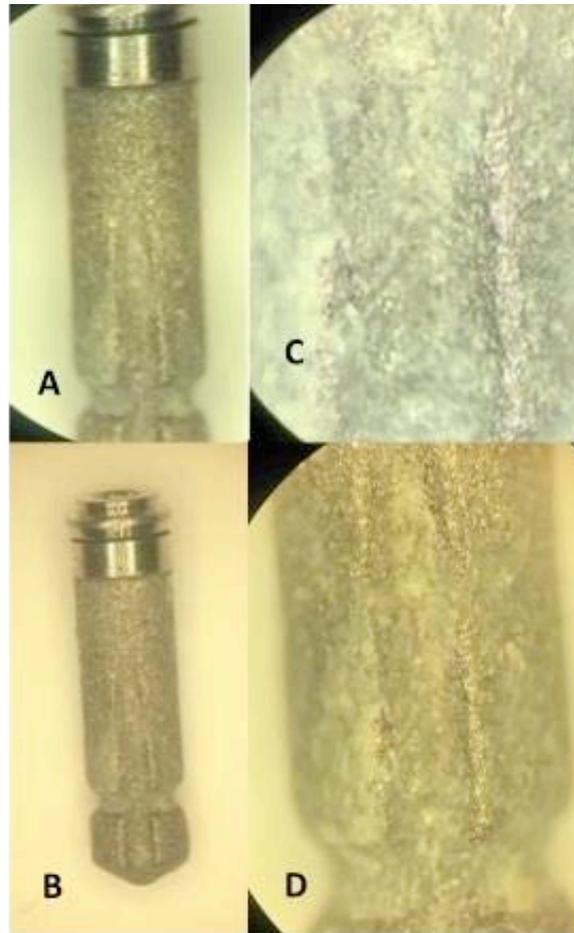


Fig. 11 Muestra 10 Sistema cilíndrico de Mikro-Lok. A) 16X se observan depósitos en la superficie tratada del titanio a pesar de no haber cuerda. B) Fotografía del implante. C) 56X se observa la superficie tratada del titanio con depósitos blanquecinos adheridos. D) 32X tercio medio del implante donde se observan los pequeños depósitos.

7.2 Microscopía electrónica de barrido

Una vez localizados los daños así como las zonas de interés mediante microscopía óptica, los implantes fueron analizados en el microscopio electrónica de barrido.

Las imágenes tomadas en el MEB mostraron en los depósitos adheridos a la superficie, zonas lisas cristalinas, sin poros, las plataformas de los 10 implantes no mostraron ningún agregado. Al someter éstas zonas a dispersión de rayos X, se obtuvo la composición de una zona aleatoria de éstos depósitos por implante, donde se mostró que los elementos presentes en éstos cuerpos era en mayor cantidad fósforo, sodio, potasio, calcio, y también se lograron obtener rastros de magnesio y sílice.

En las zonas metálicas, se hicieron acercamientos tanto en plataforma como en la superficie tratada. En las zonas de superficie tratada, donde se había una aparente pérdida de material , no se encontraron tonalidades contrastantes que pudieran indicar migración de iones metálicos de la estructura protésica, o presencia de zonas con pares galvánicos, sin embargo se logro observar la pérdida de porosidad que ofrecía la superficie tratada sin daños aparentes. En análisis de rayos X, no se encontraron trazos de materiales metálicos que pudieran ser ajenos a la pieza. Éste análisis arrojó composición de materiales como Titanio, Aluminio y Vanadio.

En la zona de la plataforma, donde se observaron daños crateriformes pérdida de brillo de igual, no se localizaron zonas de contraste de importancia, de igual manera la dispersión de rayos X solamente mostró de Titanio, aluminio y Vanadio.

*ANÁLISIS DE SUPERFICIE Y CORROSIÓN EN IMPLANTES PREVIAMENTE
RETIRADOS POR PERI-IMPLANTITIS*

Es importante recalcar que los metales que se intentaron localizar como primer instancia fueron Níquel, Cromo y Cobalto (fig. 12-23).

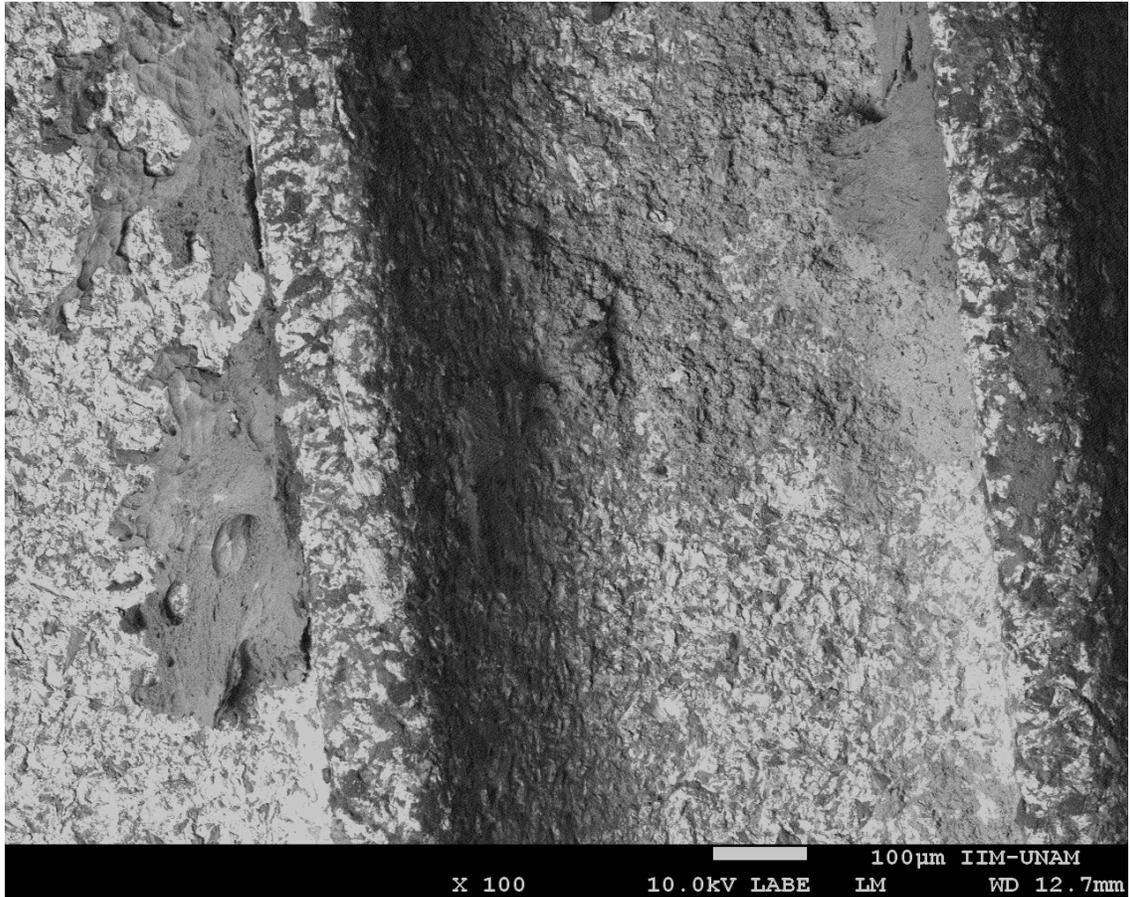


Fig. 12 Micrografía a 100X obtenida de la superficie tratada de la muestra 3, donde se puede observar del lado izquierdo porciones del depósito salino posteriormente analizado por dispersión de rayos X.

**ANÁLISIS DE SUPERFICIE Y CORROSIÓN EN IMPLANTES PREVIAMENTE
RETIRADOS POR PERI-IMPLANTITIS**

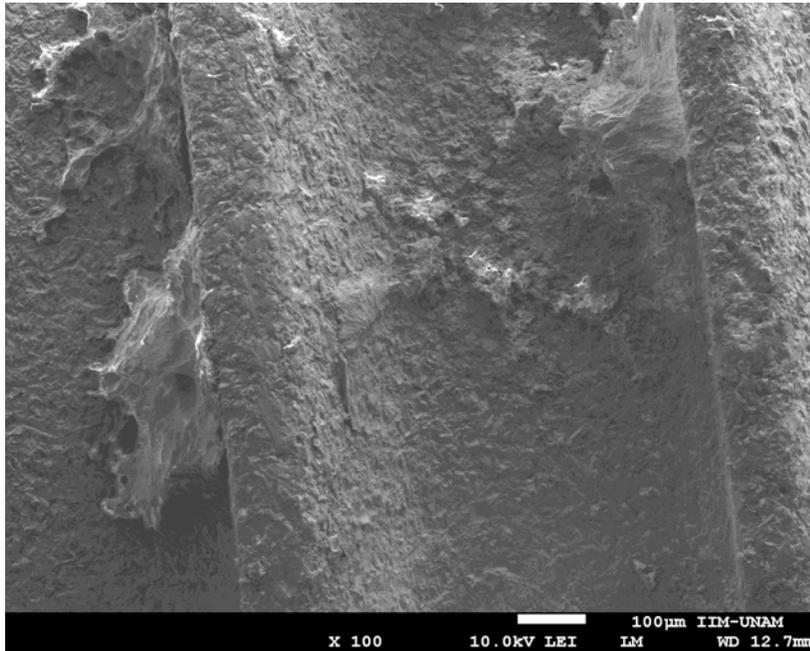


Fig. 13 Micrografía a 100X de la muestra número 4, se puede apreciar depósitos de origen salino a través de la cuerda del implante.

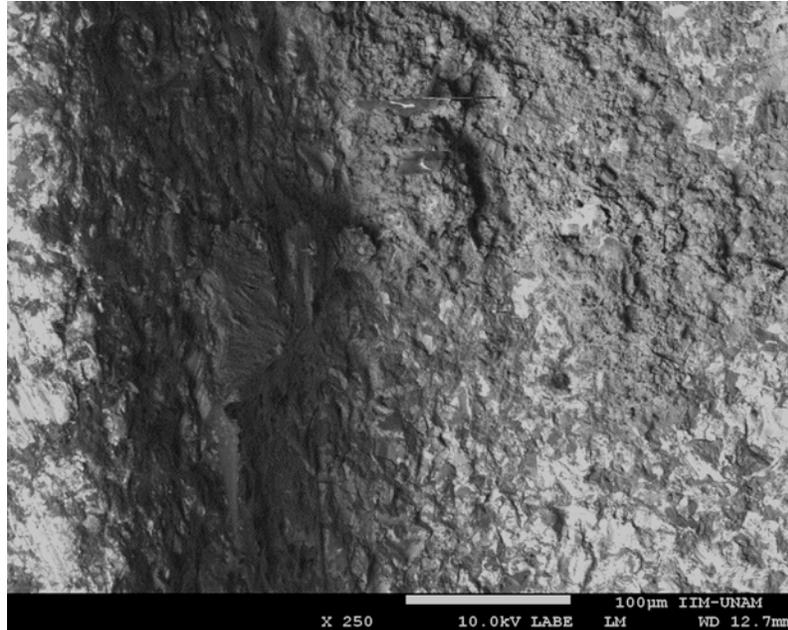


Fig. 14 Acercamiento de la muestra número 3 a 250X de la superficie tratada, del lado izquierdo se puede observar una porción de depósitos en el fondo de la cuerda.

**ANÁLISIS DE SUPERFICIE Y CORROSIÓN EN IMPLANTES PREVIAMENTE
RETIRADOS POR PERI-IMPLANTITIS**

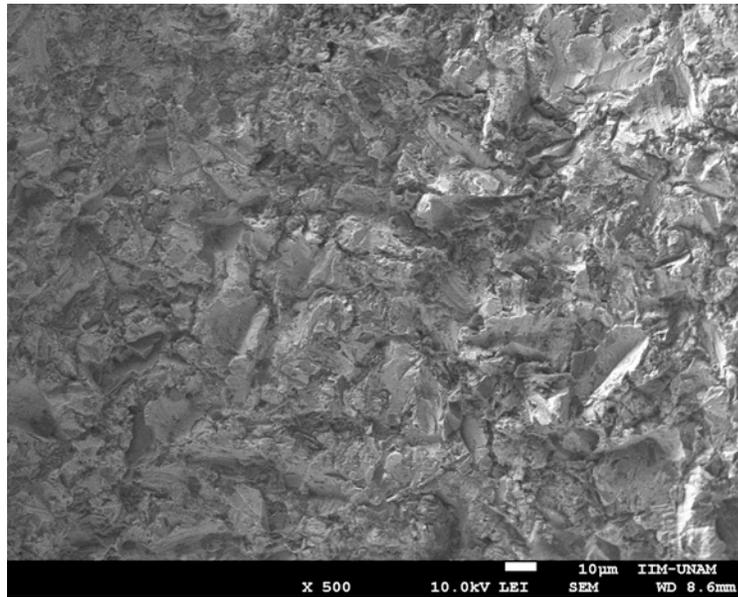


Fig. 15 Acercamiento a 500X de la muestra numero1 de la superficie tratada donde se empiezan a mostrar pequeños puntos blancos que pudieran indicar presencia de materiales metálicos ajenos a la muestra.

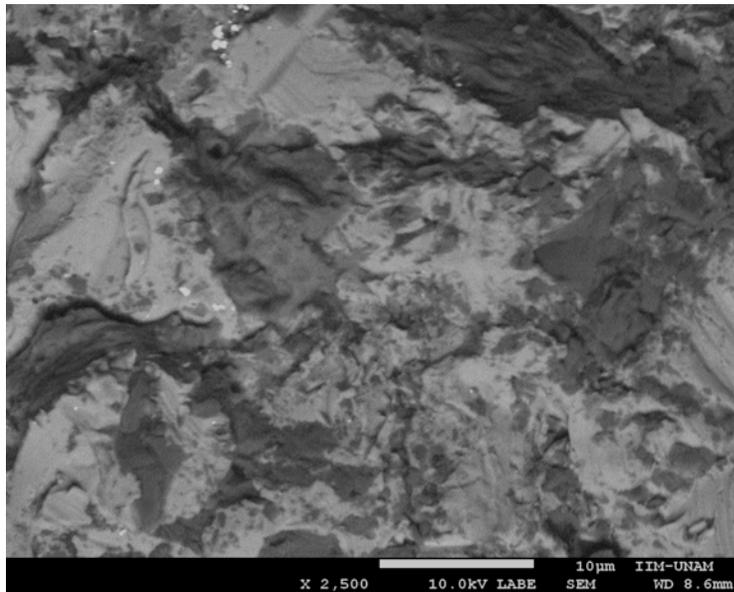


Fig. 16 Acercamiento a 2500X de la muestra 1, se analizan los puntos blancos en la parte superior por dispersión de rayos X, donde no se encuentra rastros de ningún metal ajeno.

**ANÁLISIS DE SUPERFICIE Y CORROSIÓN EN IMPLANTES PREVIAMENTE
RETIRADOS POR PERI-IMPLANTITIS**

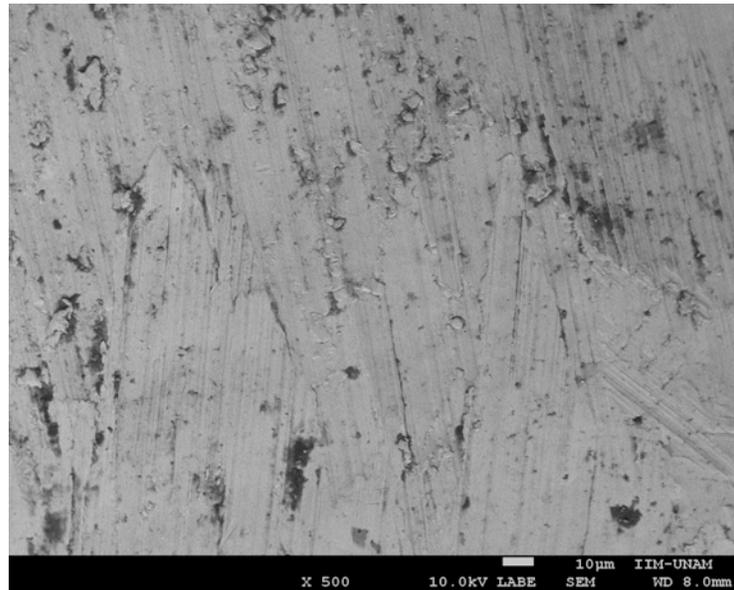


Fig. 17 Acercamiento a 500X de una zona aleatoria de un deposito encontrado en la muestra número 4, la dispersión por rayos X revela elementos como Ca, Na, P, Mg.

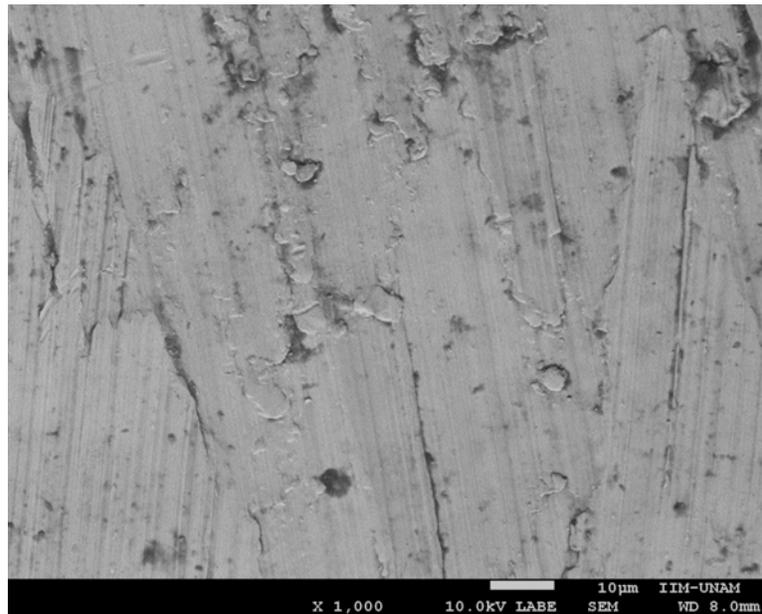


Fig. 18 Acercamiento a 1000X, de depósitos en la muestra 4 donde se observa agregados en forma de placas.

**ANÁLISIS DE SUPERFICIE Y CORROSIÓN EN IMPLANTES PREVIAMENTE
RETIRADOS POR PERI-IMPLANTITIS**

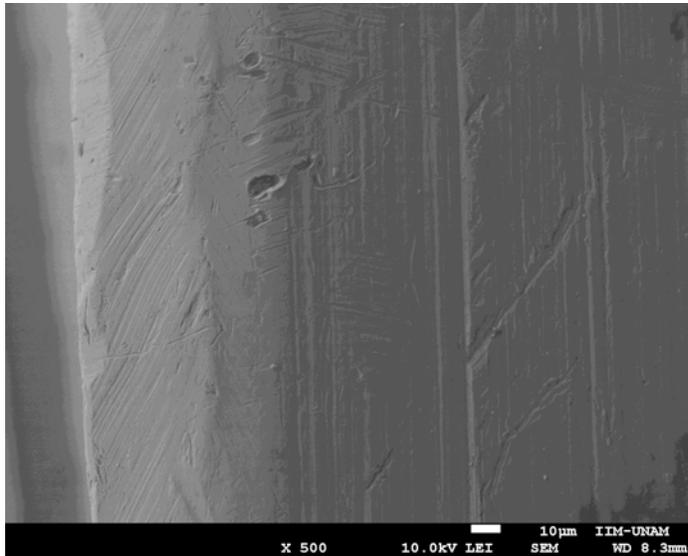


Fig. 19 Acercamiento a 500 X de la plataforma y cuello de la muestra 8, se puede observar daño que presumimos fue hecho por un instrumento, así como pequeños daños crateriformes que podrían ser causa de otra fenómeno, los mismos fueron observados como poros al microscopio óptico.

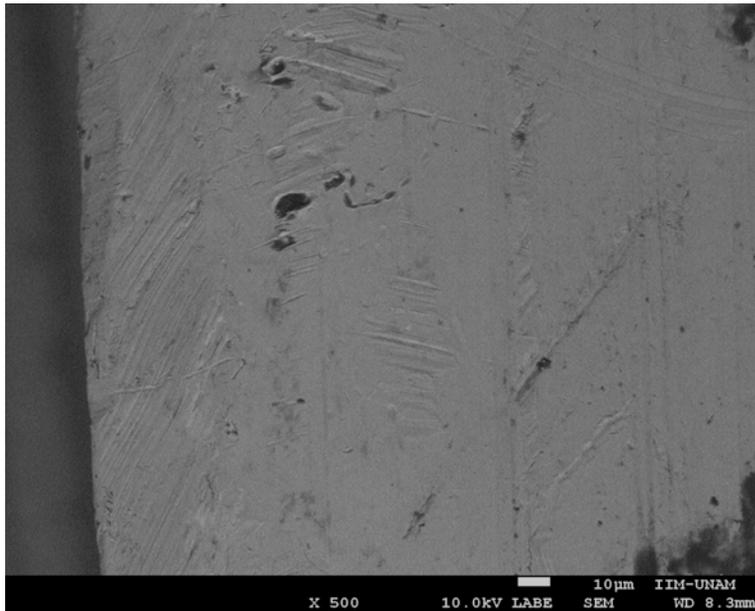


Fig. 20 Micrografía de la muestra número 8 en la zona de la plataforma y cuello donde se pueden observar los daños crateriformes y lineales.

**ANÁLISIS DE SUPERFICIE Y CORROSIÓN EN IMPLANTES PREVIAMENTE
RETIRADOS POR PERI-IMPLANTITIS**

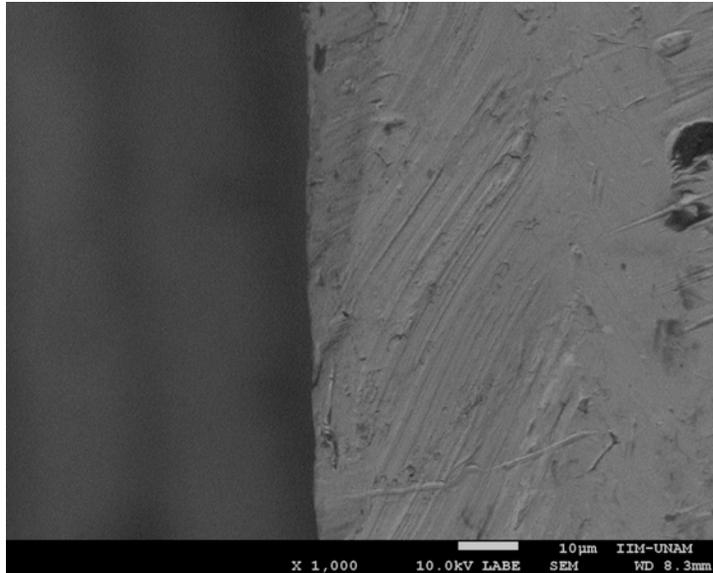


Fig. 21 Micrografía de la muestra 8 en la zona de la plataforma y cuello a 1000X, se amplían los daños lineales y crateriformes, se puede observar un patrón en los daños de la parte izquierda de la imagen.

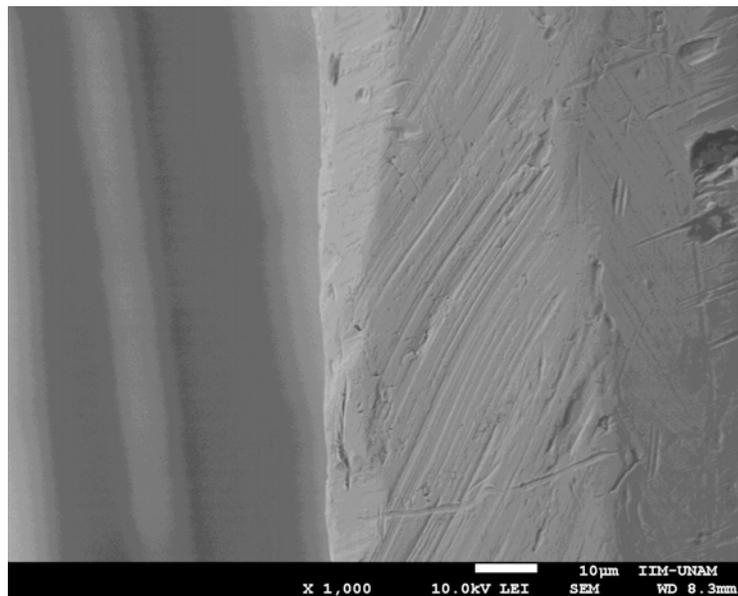


Fig. 22 Micrografía de la muestra 8 en zona de plataforma con diferente contraste.

**ANÁLISIS DE SUPERFICIE Y CORROSIÓN EN IMPLANTES PREVIAMENTE
RETIRADOS POR PERI-IMPLANTITIS**

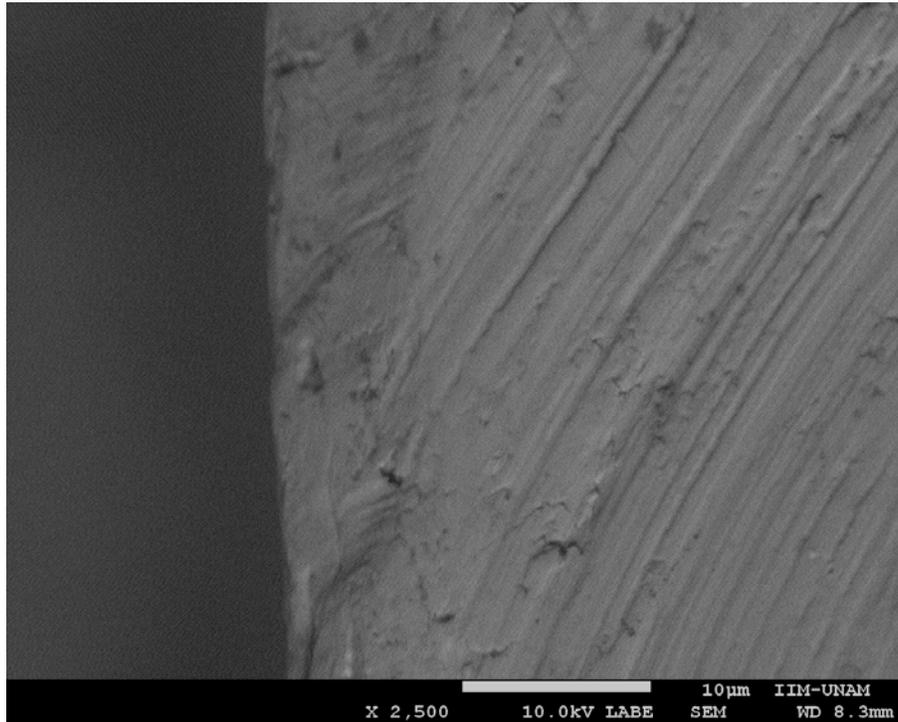


Fig. 23 Micrografía de muestra 8 donde se puede observar con mayor acercamiento los daños que pudieran ser causados por instrumento, así como pequeños cráteres que aparecen en el lado izquierdo de la imagen, son observados a través de toda la micrografía.

VIII. DISCUSIÓN

Los implantes incluidos en este estudio, después de haber sido analizados en el MEB, fue posible comprobar que éstos poseen daños estructurales, sin embargo, Noronha ¹ interpreta que éste tipo de daños pueden ser causados por el tratamiento de la peri-implantitis con la finalidad de que el implante permanezca en boca.

8.1 Depósitos salinos en la superficie tratada

De acuerdo con los elementos hallados por la dispersión de rayos X, la gran concentración de fósforo, y calcio pudiera ser consistente con cálculo o hueso, sin embargo la apariencia cristalina y la ausencia de poros pudiera indicar que es la presencia de cálculo, el cual de acuerdo a Jepsen¹¹ se presenta en las formas de:

- Brushita: $\text{CaH}(\text{PO}_4)\text{x}2\text{H}_2\text{O}$
- Fosfato octacálcico: $\text{Ca}_4\text{H}(\text{PO}_4)\text{x}2\text{H}_2\text{O}$
- Hidroxiapatita: $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{xOH}$
- Whitlockita: $\text{B-Ca}_3(\text{PO}_4)_2$

También como este fue hallado mayormente en superficies paralelas, se pudiera inferir que la peri-implantitis en su mayoría comienza por las superficies mesial y distal, donde la higiene es menor y la acumulación de biofilm es mayor, como lo describe Canullo y cols., al reportar relaciones de hallazgos clínicos y microbiológicos en implantes con peri-implantitis.¹² Al ser elementos no reportados en la composición y productos de la esterilización de un implante para su comercialización, se infiere que es un depósito externo que la condición patológica ayudo a formar y el implante es capaz de alojar, lo cual es

congruente con lo reportado por Souza ⁸ acerca de los biofilms en las superficies rugosas.

8.2 Estudios In Vitro respecto a los daños del titanio.

Barbieri y cols., en 2017 reportaron que el titanio no es del todo resistente al daño en ambientes In Vitro, a pesar de tener buena estabilidad al ser colocados en pacientes. Esto pudiera abrir la posibilidad que los daños estructurales encontrados en el MEB pudieran ser en alguna proporción daños causados por el ambiente y el pH y no solo por manipulación.¹³

Beline y cols., reportaron que el titanio bajo experimentación en fluidos corporales artificiales no mostraba signos de daños por picadura ni alteración en la superficie del titanio, la cual no estaba tratada. Al nosotros encontrar daños y contrastes en las zonas con algunos depósitos si observamos cambios en el implante, sin embargo catalogar que el daño fue producido por corrosión de cualquier tipo no puede ser concluyente por la cantidad de variables a las que pudo haber estado sujeto el implante desde la colocación, tratamiento y su posterior retiro de la cavidad oral.¹⁴

Díaz y cols., al sumergir implantes en diferentes tipos de soluciones, concluyeron que en presencia de S. Mutans, los daños al implante fueron en incremento, dando como resultado que la capa de pasivación en el titanio disminuya mientras mas tiempo el implante este inmerso en ese ambiente, especialmente en las zonas rugosas del titanio. Esto podría relacionarse al depósito hallado en el estudio presente así como algunos daños crateriformes en la zona de plataforma, al estar inmersos en un ambiente con un gran cantidad de bacterias, en un pH con alteraciones, pudo haber contribuido al desprendimiento de la superficie

de éstas muestras. Se hace énfasis que el asegurar que el daño sea de naturaleza corrosiva no puede ser posible por medio de éste reporte.¹⁵

Cheng y cols., al sumergir aleaciones de titanio en diferentes tipos de saliva artificial, observaron por medio del MEB, que después de 7 días, el titanio mostraba signos de corrosión por picadura en algunas zonas pequeñas después de estar con saliva fluorada y saliva fluorada acidulada, en este estudio se pudo recuperar algunos productos de corrosión de la superficie del titanio. En comparación con nuestro análisis, de igual manera pudimos observar daños en el titanio, que al no ser un estudio controlado, no se puede asegurar la naturaleza del daño, sin embargo, nosotros no pudimos obtener ningún producto de corrosión por medio de dispersión de rayos x mismos que pudieran indicar intercambios iónicos entre los metales protésicos como el cromo o cobalto y la muestra.¹⁶

Sikora y cols., al recrear ambientes donde se presenten fenómenos de tribocorrosión, y poner a prueba diferentes combinaciones de titanio y materiales para el aditamento protésico, concluyeron que el titanio en la zona de la conexión, al estar en contacto con el mismo titanio u otros metales sufre un daño visible y mayor a cuando este contacto con un material totalmente cerámica, lo cual pudiera explicar que, al estar nuestros especímenes rehabilitados con aditamentos de distintas aleaciones y un medio electrolítico como la saliva haya contribuido al daño.¹⁰

8.3 Estudios observacionales

Una de las mayores limitantes para poder estudiar un material como el implante en un ambiente In vivo, es que éstos son colocados con la finalidad de que permanezcan el mayor tiempo posible, y el recrear un ambiente como la peri-implantitis para evaluar la corrosión no ha sido ampliamente estudiado, ni como estudio In Vitro. Por otra parte, los estudios observacionales de implantes retirados pueden arrojar resultados que pudieran ser mas apegados a las condiciones de este experimento.

Wheelis y cols., utilizaron 10 tornillos de cicatrización para caracterizar la superficie antes y después de ser colocados, y en un periodo de 3 a 4 meses, se observaron diversas zonas de decoloración y cambio mínimo en la rugosidad de la superficie pulida, lo cual pudiera indicar signos de corrosión, desprendimiento, y estabilización de la capa de pasivación, de igual manera reportan que la naturaleza del daño que no puede ser asegurado debido a la interacción de éstos aditamentos con el medio oral como la masticación. Éstos hallazgos pudieran ser congruentes con los nuestros, debido a los cambios de coloración en la superficie del implante, así como contrastes de color que pudieran sugerir desprendimiento y una estabilización consecuente (fig. 24).⁷

En nuestro experimento se hace énfasis el no poder determinar el origen del daño solamente de manera cualitativa por medio de la microscopía de barrido.

Guindy y cols., en un experimento con similitudes al presente, al estudiar 6 implantes que ya integrados se encontraban en zonas inflamadas y de pérdida ósea (no lo catalogan como peri-implantitis), hallaron daños por picadura en la zona de la plataforma, los cuales presentan algunas similitudes con las imágenes que presentamos en este estudio (fig. 25).¹⁷

**ANÁLISIS DE SUPERFICIE Y CORROSIÓN EN IMPLANTES PREVIAMENTE
RETIRADOS POR PERI-IMPLANTITIS**

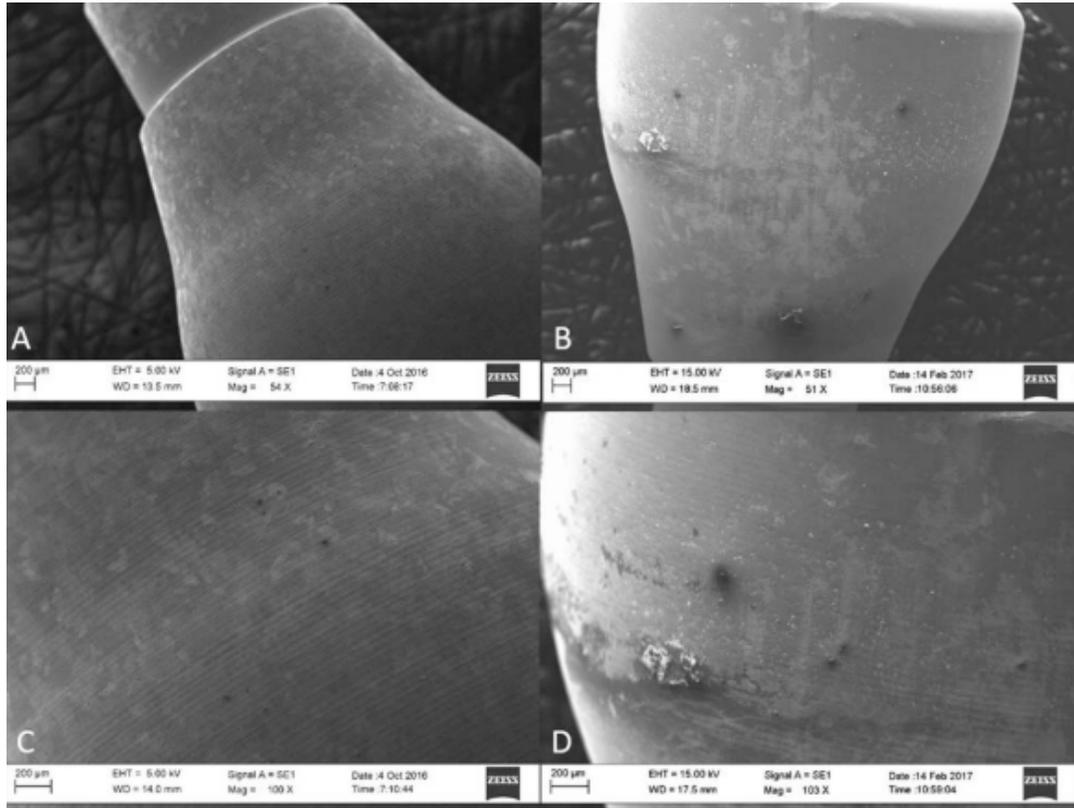


Fig. 24: Micrografías obtenidas por Wheelis en 2018, donde se muestran daños por MEB en tornillos de cicatrización creados de Ti, Al, V, después de ser expuestos a la cavidad oral sin presentar condiciones patológicas en un periodo de 3 a 4 meses.

**ANÁLISIS DE SUPERFICIE Y CORROSIÓN EN IMPLANTES PREVIAMENTE
RETIRADOS POR PERI-IMPLANTITIS**

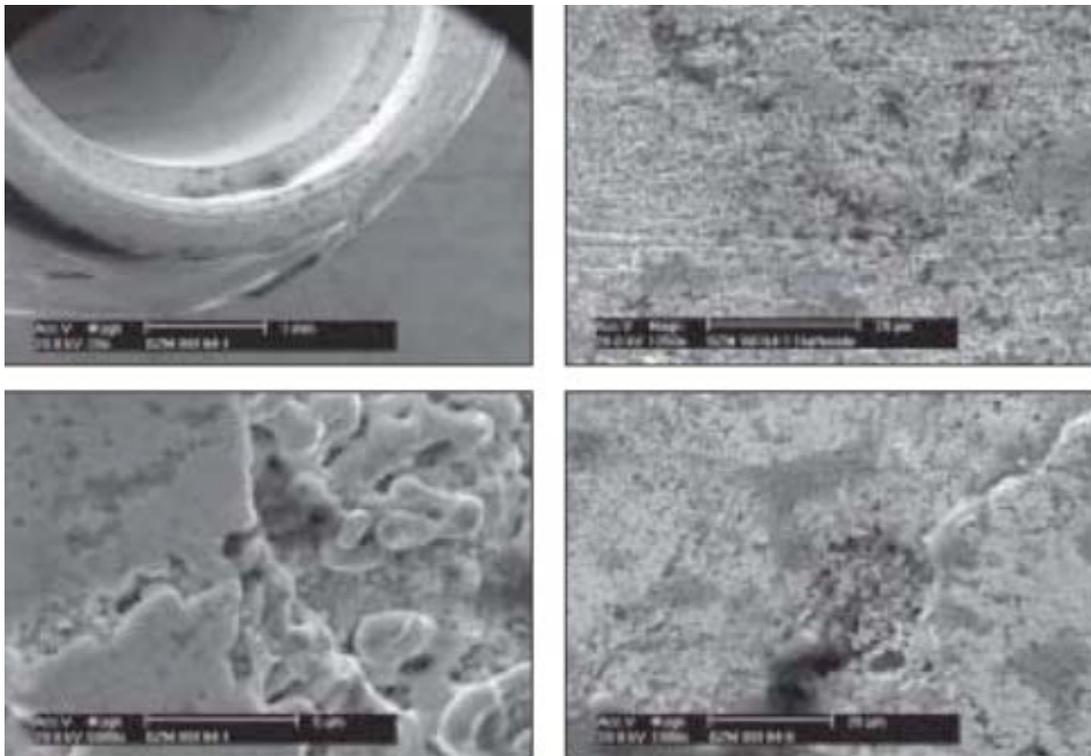


Fig. 25: Micrografías obtenidas por Guindy en 2006, donde se aprecian daños estructurales en un ambiente patológico en la zona de la conexión del implante, los cuales muestran similitudes a daños en nuestra observación.

IX. CONCLUSIONES

Después de analizar 10 muestras de implantes dentales retiradas de condiciones patológicas, se pudo llegar a las siguientes conclusiones:

- Las muestras estudiadas mostraron daños estructurales. Estos daños a pesar de presentar similitudes a reportes anteriores acerca de la corrosión del titanio, no es posible determinar la naturaleza de los mismos por los métodos que nosotros utilizamos.
- Es reportado que la peri-implantitis, es una condición que afectará al tejido que circunda al implante, de igual manera, es un factor potencial de daño al titanio del implante.
- Los daños de las muestras, son mayormente visibles en zonas de plataforma y cuello. Debido a ser los lugares con mayor exposición al medio oral; se puede inferir que es la zona más propensa al daño ya sea accidental o provocado por el medio bucal.
- Los depósitos salinos encontrados son consistentes con fórmulas químicas de cálculo dental, estas fueron localizadas en las 10 muestras en la zona de la cuerda. Esta zona que debido a la topografía y tratamiento de superficie facilita el asiento del biofilm y posterior mineralización.
- Se abre la interrogante en la técnica de colocación de los mismos, ya que al encontrar depósitos en dos caras laterales, esto pudiera ser consistente con zonas mesiales y distales, sin embargo, estudiar la discrepancia hueso-metal al colocar los implantes pudiera explicar el fenómeno desde otro enfoque.

X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Noronha Oliveira M, Schunemann WVH, Mathew MT, et al. Can degradation products released from dental implants affect peri-implant tissues? *J Periodontal Res.* 2018;53(1):1-11. doi:10.1111/jre.12479
2. Laney WR. *Glossary of Oral and Maxillofacial Implants.* Vol 32.; 2017. doi:10.11607/jomi.2017.4.gomi
3. Affatato S, Grillini L. *Topography in Bio-Tribocorrosion.* Woodhead Publishing Limited; 2013. doi:10.1533/9780857098603.1
4. Albrektsson T, Zarb G, Worthington P, Eriksson AR. The long-term efficacy of currently used dental implants: a review and proposed criteria of success. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1986;1(1):11-25.
5. Schroeder A, Sutter F, Krekeler G. *Oral Implantology.* 1st ed. Thieme Medical Publishers, Inc; 1991.
6. Mellado-Valero A, Muñoz AI, Pina VG, Sola-Ruiz MF. Electrochemical behaviour and galvanic effects of titanium implants coupled to metallic suprastructures in artificial saliva. *Materials (Basel).* 2018;11(1):1-19. doi:10.3390/ma11010171
7. Wheelis SE, Wilson TG, Valderrama P, Rodrigues DC. Surface characterization of titanium implant healing abutments before and after placement. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2018;20(2):180-190. doi:10.1111/cid.12566
8. Souza JCM, Henriques M, Teughels W, Ponthiaux P, Celis JP, Rocha LA. Wear and Corrosion Interactions on Titanium in Oral Environment: Literature Review. *J Bio- Tribo-Corrosion.* 2015;1(2). doi:10.1007/s40735-015-0013-0

9. Jepsen S, Caton JG, Albandar JM, et al. Periodontal manifestations of systemic diseases and developmental and acquired conditions: Consensus report of workgroup 3 of the 2017 World Workshop on the Classification of Periodontal and Peri-Implant Diseases and Conditions. *J Clin Periodontol*. 2018;45(March):S219-S229. doi:10.1111/jcpe.12951
10. Sikora CL, Alfaro MF, Yuan JCC, Barao VA, Sukotjo C, Mathew MT. Wear and Corrosion Interactions at the Titanium/Zirconia Interface: Dental Implant Application. *J Prosthodont*. 2018:1-11. doi:10.1111/jopr.12769
11. Lindhe J, Lang N. *Clinical Periodontology and Implant Dentistry*. 6th ed. Wiley; 2015.
12. Canullo L, Peñarrocha-Oltra D, Covani U, Rossetti P. Microbiologic and Clinical Findings of Implants in Healthy Condition and with Peri-Implantitis. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2015;30(4):834-842. doi:10.11607/jomi.3947
13. Barbieri M, Mencio F, Papi P, et al. Corrosion behavior of dental implants immersed into human saliva: preliminary results of an in vitro study. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 2017;21(16):3543-3548.
14. Beline T, Vechiato Filho AJ, Wee AG, et al. Initial investigation of the corrosion stability of craniofacial implants. *J Prosthet Dent*. 2018;119(1):185-192. doi:10.1016/j.prosdent.2017.02.015
15. Díaz I, Pacha-Olivenza MÁ, Tejero R, et al. Corrosion behavior of surface modifications on titanium dental implant. In situ bacteria monitoring by electrochemical techniques. *J Biomed Mater Res - Part B Appl Biomater*. 2018;106(3):997-1009. doi:10.1002/jbm.b.33906
16. Cheng Y, Hu J, Zhang C, Wang Z, Hao Y, Gao B. Corrosion behavior of novel ti-24nb-4zr-7.9sn alloy for dental implant applications in vitro. *J Biomed Mater Res - Part B Appl Biomater*.

2013;101 B(2):287-294. doi:10.1002/jbm.b.32838

17. Guindy JS, Schiel H, Schmidli F, Wirz J. Corrosion at the marginal gap of implant-supported suprastructures and implant failure. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2004;19(6):826-831.