

UNIVERSITAT DE VALÈNCIA
FACULTAD DE MEDICINA Y ODONTOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE ESTOMATOLOGÍA



**EVOLUCIÓN DE LA MORFOLOGÍA DIMENSIONAL DEL
ALVEOLO POST-EXTRACCIÓN MEDIANTE MICROSCOPIA
LÁSER CONFOCAL DE BARRIDO (CLSM)**

TESIS DOCTORAL

Doctoranda: Ariadna García Herraiz

Programa de doctorado: Fisiopatología del Aparato Estomatognático

Directores:

Prof. Dr. Francisco Javier Silvestre Donat

Dr. Rafael Leiva García

Valencia, abril de 2014

A mis padres, José y M^a Luz.

A Guillermo.

A Elías.

AGRADECIMIENTOS

Deseo mostrar mi agradecimiento a todas aquellas personas que han hecho posible esta Tesis Doctoral:

Gracias a mis directores de Tesis, el Prof. Dr. Francisco Javier Silvestre Donat y el Dr. Rafael Leiva García, por el apoyo recibido y por todo el tiempo dedicado a ayudarme y a enseñarme. Al Dr. Silvestre, por sus conocimientos odontológicos y por abrirme las puertas a la investigación. Al Dr. Leiva, por compartir sus amplios saberes en la Microscopía Láser Confocal de Barrido conmigo y por estar siempre atento a los problemas que me pudieran surgir. Sin la confianza de ambos no hubiera sido posible realizar este trabajo.

Al Prof. Dr. José García Antón, responsable del grupo de investigación de Ingeniería Electroquímica y Corrosión (IEC) del Departamento de Ingeniería Química y Nuclear de la Universidad Politécnica de Valencia, por las facilidades dadas para el manejo de la instrumentación científica, sin las que no hubiera sido viable este trabajo. A todos los miembros del grupo IEC y en especial a Rita, que ha estado pendiente de mi en todo momento.

Al Dr. Fortunato Crespo Abril, Profesor Titular del Departamento de Estadística e Investigación Operativa Aplicadas y Calidad de la Universidad Politécnica de Valencia, por haber estado dispuesto en todo momento a ayudarme, a solventar cualquier duda que le planteara y por su colaboración en el análisis estadístico.

A todos mis compañeros de la Unidad de Odontología del Hospital Universitario Dr. Peset y en especial al Dr. Juan Manuel Simó Ruiz, por haber colaborado en este estudio. También me gustaría agradecer su colaboración al Dr. Vicente Zaragoza Dolz, del Centro de Especialidades de Monteolivete, por ofrecerse a ayudarme en la inclusión de los pacientes en este trabajo.

A mi familia, en especial a mis padres, a Guillermo y a Elías, y a mis amigos, por animarme a realizar este trabajo y por haberme prestado todo su apoyo y confianza. Sin duda, ellos han sido una parte muy importante en que consiguiera completar este trabajo y sin los que nunca hubiera sido posible. Gracias de todo corazón por ayudarme a sacar

fuerzas cuando no las encontraba y por apoyarme en los malos momentos, gracias por los consejos y por estar siempre a mi lado.

A la Universidad Politécnica de Valencia, por la concesión del Proyecto Multidisciplinar (PAID-05-12) que ha permitido subvencionar parcialmente este trabajo.

Finalmente, quisiera agradecer al Ministerio de Educación y Ciencia la beca FPU concedida para la realización de la Tesis Doctoral (AP2008-01653).



D. FRANCISCO JAVIER SILVESTRE DONAT, Profesor Titular de Universidad del Departamento de Estomatología de la Universidad de Valencia y

D. RAFAEL LEIVA GARCÍA, Doctor en Ingeniería Química por la Universidad Politécnica de Valencia, Investigador Asociado Post-Doctoral, School of Materials, University of Manchester.

CERTIFICAN:

Que **Dña. ARIADNA GARCÍA HERRAIZ** ha realizado en el Hospital Universitario Dr. Peset y en los Laboratorios del Departamento de Ingeniería Química y Nuclear de la Universidad Politécnica de Valencia y bajo nuestra dirección y supervisión el siguiente trabajo para optar al Grado de Doctor en Odontología: ***"EVOLUCIÓN DE LA MORFOLOGÍA DIMENSIONAL DEL ALVEOLO POST-EXTRACCIÓN MEDIANTE MICROSCOPIA LÁSER CONFOCAL DE BARRIDO (CLSM)"***.

Y para que así conste a los efectos oportunos, firman el presente certificado en Valencia a 14 de abril de 2014.



Fdo. Prof. Dr. **D. Fco. Javier Silvestre Donat**



Fdo. Dr. **D. Rafael Leiva García**

ÍNDICE

PREFACIO.....	1
I. INTRODUCCIÓN.....	5
1. EL PERIODONTO.....	7
2. CURACIÓN DEL ALVEOLO POST-EXTRACCIÓN.....	15
3. MICROSCOPIA LÁSER CONFOCAL DE BARRIDO.....	25
4. APLICACIONES DE LA MICROSCOPIA LÁSER CONFOCAL EN EL CAMPO DE LA ODONTOLOGÍA.....	29
4.1. Aplicaciones de la CLSM en la terapéutica dental	29
4.2. Aplicaciones de la CLSM en los análisis del hueso	34
4.3. Aplicaciones de la CLSM en los análisis de los tejidos duros dentales	38
4.4. Aplicaciones de la CLSM en los análisis microbiológicos	40
4.5. Aplicaciones de la CLSM en el análisis de los tejidos blandos periodontales	43
5. JUSTIFICACIÓN.....	47
6. BIBLIOGRAFÍA.....	49
II. OBJETIVOS.....	65
III. MATERIAL Y MÉTODO.....	69
1. FIABILIDAD DE LA TÉCNICA.....	71
1.1. Preparación de las muestras	71
1.2. Estudio con la CLSM	72
1.3. Medidas recogidas con la CLSM	74
2. ESTUDIO DEL ALVEOLO POST-EXTRACCIÓN.....	77
2.1. Selección de los pacientes	77
2.2. Diseño del estudio	77
2.3. Medidas recogidas con la CLSM	81
2.4. Superposición del alveolo post-extracción	93

3. ESTUDIO DE LOS CAMBIOS EN LOS TEJIDOS ADYACENTES AL 2º MOLAR INFERIOR DESPUÉS DE LA EXTRACCIÓN DEL 3 ^{er} MOLAR.....	97
3.1. Selección de los pacientes	97
3.2. Diseño del estudio	97
3.3. Medidas recogidas con la CLSM	101
3.4. Superposición de los tejidos adyacentes al 2º molar	104
4. TAMAÑO MUESTRAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	107
5. ÉTICA Y CONFIDENCIALIDAD.....	108
6. BIBLIOGRAFÍA.....	109
IV. RESULTADOS.....	111
1. FIABILIDAD DE LA TÉCNICA.....	113
2. ESTUDIO DEL ALVEOLO POST-EXTRACCIÓN.....	115
2.1. Descripción de la muestra	115
2.2. Distancia mesio-distal	121
2.3. Anchura vestíbulo-lingual	128
2.4. Altura alveolar lingual	136
2.5. Altura alveolar vestibular	141
2.6. Comparativa entre la altura alveolar vestibular y lingual	146
2.7. Superposiciones del alveolo post-extracción	147
3. ESTUDIO DE LOS CAMBIOS EN LOS TEJIDOS ADYACENTES AL 2º MOLAR INFERIOR DESPUÉS DE LA EXTRACCIÓN DEL 3 ^{er} MOLAR.....	153
3.1. Descripción de la muestra	153
3.2. Cambios post-extracción en el 2º molar mediante CLSM	158
3.3. Superposiciones de los tejidos adyacentes al 2º molar inferior	168

V. DISCUSIÓN.....	171
1. FIABILIDAD DE LA TÉCNICA.....	173
2. ESTUDIO DEL ALVEOLO POST-EXTRACCIÓN.....	175
2.1. Descripción de la muestra	175
2.2. Distancia mesio-distal	175
2.3. Anchura vestíbulo-lingual	179
2.4. Altura alveolar	184
2.5. Superposiciones del alveolo post-extracción	191
3. ESTUDIO DE LOS CAMBIOS EN LOS TEJIDOS ADYACENTES AL 2º MOLAR INFERIOR DESPUÉS DE LA EXTRACCIÓN DEL 3º MOLAR.....	193
3.1. Descripción de la muestra	193
3.2. Cambios post-extracción en el 2º molar mediante CLSM	194
3.3. Superposiciones de los tejidos adyacentes al 2º molar inferior	199
4. BIBLIOGRAFÍA.....	202
VI. CONCLUSIONES.....	207
VII. ANEXOS.....	213
Anexo I: Hoja de recogida de datos en el estudio del alveolo post-extracción	215
Anexo II: Hoja de recogida de datos en el estudio de los cambios en los tejidos adyacentes al 2º molar inferior después de la extracción del 3º molar	217
Anexo III: Consentimiento informado	219
Anexo IV: Hoja informativa para los sujetos participantes en el estudio	220
Anexo V: Aprobación por el Comité de Ética de Investigación Clínica del Hospital Universitario Dr. Peset de Valencia	222
Anexo VI: Fotografías, imágenes de la CLSM y superposiciones de los casos incluidos en el estudio.	223

PREFACIO

La extracción dental es uno de los procedimientos terapéuticos más frecuentes en Odontología. El periodonto es un tejido dependiente del diente al que sostiene y se desarrolla cuando los dientes erupcionan. Con la exodoncia del diente, el proceso alveolar se atrofia, debido a la pérdida de su función (1). Por tanto, al mismo tiempo que se produce la curación de los tejidos duros y blandos del alveolo post-extracción, se produce una remodelación de los tejidos duros y blandos de la zona de extracción, que continúa incluso después de que se rellene el alveolo de hueso neoformado (2).

Después de la extracción dental se hace necesario reponer el diente perdido. Hay varias maneras de subsanar esta pérdida. Una de las mejores soluciones son los implantes dentales. Estos han tomado una gran importancia en el campo de la rehabilitación dental debido a sus altos índices de éxito y supervivencia, así como por el gran aumento de la demanda del tratamiento implantológico. Además, los implantes dentales tienen la ventaja de ser el tratamiento que, actualmente, mejor reproduce las condiciones fisiológicas en las que el diente realiza su función. El factor decisivo para la colocación de un implante dental que sustituya al diente extraído es la existencia de hueso remanente suficiente y adecuado, pero la morfología adoptada por los tejidos blandos subyacentes también influyen de forma importante, especialmente en la estética de la restauración dental resultante.

El remodelado óseo post-extracción permanece en funcionamiento durante toda la vida del individuo (3, 4), pero es especialmente activo durante los primeros 3 meses después de la exodoncia (5). El proceso de reabsorción del hueso alveolar genera un reborde alveolar más estrecho y pequeño (6). El efecto de este patrón de reabsorción es la recolocación del reborde alveolar en una posición más palatina o lingual (1).

En el caso de que se levante un colgajo mucoperióstico durante la exodoncia, se ha sugerido que la reducción del flujo sanguíneo al alveolo provocaría la muerte de los osteocitos y la necrosis del hueso mineralizado adyacente. Este hueso necrótico sería eliminado por los osteoclastos cercanos al periostio. Como la tabla vestibular es más estrecha que la lingual o palatina, la reabsorción horizontal causaría también una reducción vertical de la pared vestibular. Aun así, la mayor pérdida de tejido en las extracciones realizadas junto con el levantamiento del colgajo sigue sin estar resulta. Mientras que hay autores que afirman que el levantamiento del colgajo puede causar

una mayor merma en los tejidos (7), otros encontraron pérdidas similares con el levantamiento o no del colgajo (8).

Actualmente, los pacientes buscan funcionalidad y estética en los tratamientos odontológicos. La remodelación alveolar después de la extracción dental no sólo puede comprometer la funcionalidad de los implantes dentales, si no también, la estética de cualquier restauración protésica, especialmente en el sector anterior. Un volumen alveolar suficiente y una arquitectura favorable de los tejidos duros y blandos son esenciales para obtener la estética y funcionalidad óptima de las reconstrucciones protésicas. Por lo tanto, **el conocimiento del proceso de remodelación del alveolo post-extracción que genera los cambios en el perfil clínico del alveolo es fundamental para la planificación del tratamiento odontológico.**

Por otra parte, una de la extracciones que más comúnmente se realizan en odontología es la de los 3^{os} molares. A este nivel, la exodoncia no va a comprometer los tratamientos dentales posteriores, ya que la remoción de dicho diente no se restaura. El principal problema de la extracción de los cordales radica en los cambios que pueden llegar a sufrir los tejidos adyacentes al 2^o molar posicionado mesialmente a la exodoncia. La inflamación generada por la manipulación de los tejidos durante la extracción del cordal influye sobre los tejidos del 2^o molar, pudiendo provocarse una pérdida en el nivel de inserción, que empeorará el estado periodontal. La pérdida en el nivel de inserción deja expuesta una superficie dentaria que puede provocar sensibilidad o sobre la que puede aparecer caries, debido a la dificultad para acceder mediante el cepillado. Por lo tanto, **el conocimiento de los cambios ocurridos sobre los tejidos adyacentes al 2^o molar después de la extracción del cordal resulta también esencial para programar el tratamiento odontológico.**

La presente Tesis Doctoral está dividida en seis Capítulos a través de los cuales se pretende estudiar los cambios dimensionales que ocurren en el proceso de remodelación después de la extracción dental y cómo dicha extracción influye sobre los tejidos de los dientes vecinos:

En el Capítulo I, **Introducción**, se define el concepto de periodonto, se explica su anatomía y la curación del alveolo post-extracción. También se comenta el concepto y el mecanismo de funcionamiento de la Microscopía Láser Confocal de Barrido (CLSM) y se describen sus aplicaciones en el campo de la Odontología.

En el Capítulo II, **Objetivos**, se presenta el objetivo principal de la Tesis Doctoral, así como cada uno de los objetivos parciales que permiten que se pueda completar lo propuesto en el mencionado objetivo principal.

En el Capítulo III, **Material y Método**, se detalla el procedimiento técnico realizado. Este capítulo se divide en tres apartados, necesarios para completar los objetivos expuestos. En el primer apartado, *Fiabilidad de la técnica*, se expone el procedimiento seguido para evaluar la exactitud con la que las impresiones de silicona de adición y su posterior vaciado con escayola conseguirá reproducir la morfología de las estructuras de la cavidad oral. La segunda sección, *Estudio del alveolo post-extracción*, explica la metodología seguida para evaluar los cambios volumétricos acaecidos después de una extracción dental. En la última parte, *Estudio de los cambios en los tejidos adyacentes al 2º molar inferior después de la extracción del 3º molar*, se expresa el método desarrollado para valorar los cambios morfológicos en los tejidos contiguos al 2º molar después de la exodoncia del cordal vecino.

El Capítulo IV, **Resultados**, está dividido en los apartados anteriormente descritos e indica las medidas obtenidas en las diferentes mediciones así como los resultados de los test estadísticos empleados.

En el Capítulo V, **Discusión**, se analizan los resultados obtenidos en cada uno de los apartados y se comparan con otros estudios similares del ámbito odontológico.

Finalmente, el Capítulo VI, **Conclusiones**, presenta las principales conclusiones obtenidas en la Tesis.

I. INTRODUCCIÓN

I. INTRODUCCIÓN

1. EL PERIODONTO

El periodonto comprende al conjunto de tejidos que conforman el órgano de sostén y protección de los dientes, estando compuesto por la encía, el ligamento periodontal, el cemento radicular y el hueso alveolar. Estos tejidos constituyen una unidad de desarrollo, biológica y funcional, que sufrirá cambios tanto con la edad, como con las alteraciones funcionales y del medio bucal.

1. 1. El hueso alveolar

La parte del maxilar y mandíbula que forma y sostiene los alveolos de los dientes se conoce como apófisis alveolar. Junto al cemento radicular y al ligamento periodontal, el hueso alveolar forma el aparato de inserción del diente, cuya función consiste en distribuir y absorber las fuerzas generadas por la masticación.

No existe un límite anatómico preciso entre la porción basal o cuerpo del maxilar o la mandíbula, y las apófisis alveolares propiamente dichas, aunque existen diferencias en cuanto al origen y la funcionalidad de ambas estructuras. Los procesos alveolares se desarrollan junto con la formación de los dientes y adquieren su estructura definitiva cuando éstos erupcionan. Por esto se dice que el hueso alveolar está al servicio del diente: se forma con él, lo sostiene y desaparece si el diente es extraído.

Los alveolos dentarios son cavidades cónicas, simples o compuestas, que alojan las raíces de los dientes. En cada alveolo se pueden distinguir dos tipos de paredes:

- **Tablas alveolares libres** (vestibular, palatina o lingual). Cada una presenta una cara alveolar y otra libre. La cara libre también se puede llamar cortical perióstica, y la alveolar, cortical periodóntica. Ambas están compuestas por tejido óseo compacto y entre ellas se encuentra tejido óseo medular, trabecular o esponjoso. El vértice superior de la tabla alveolar se conoce como cresta alveolar. Ésta se encuentra, en condiciones de salud, a 1 ó 2 mm por debajo del cuello del diente. En la cresta alveolar no hay tejido óseo trabecular, sino que ambas corticales están en contacto.

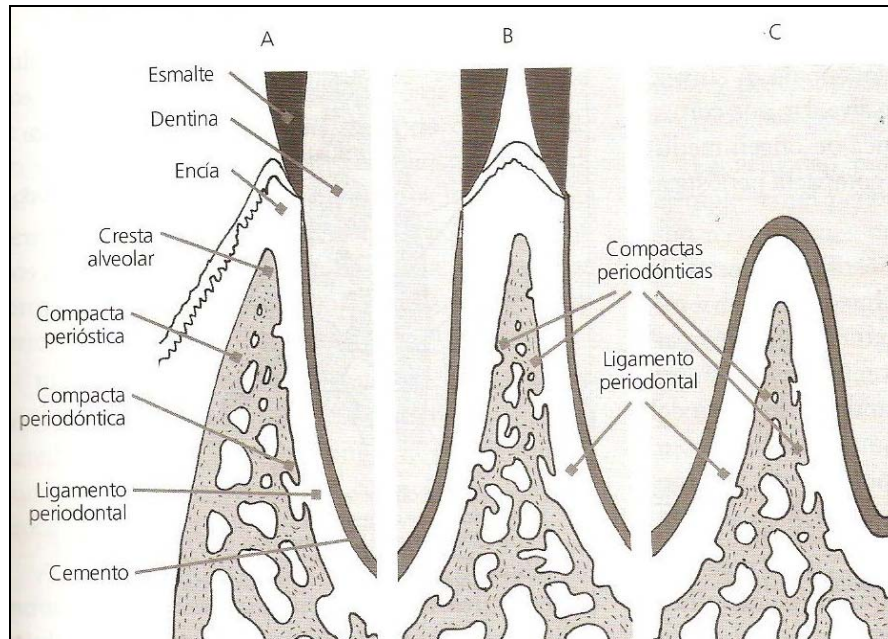


Figura I.1: Estructura anatómica del hueso alveolar (9): (A) Tabla alveolar libre; (B) Tabique interdental; (C) Tabique interradicular.

En el maxilar superior, las tablas palatinas están formadas por un hueso más grueso que el de las tablas vestibulares. En concreto, en la zona de los incisivos y caninos, las tablas vestibulares están formadas solo por hueso compacto. En la mandíbula, las tablas vestibulares son más delgadas en la zona de incisivos, caninos y premolares, mientras que en la zona de molares, la tabla vestibular es más gruesa que la lingual.

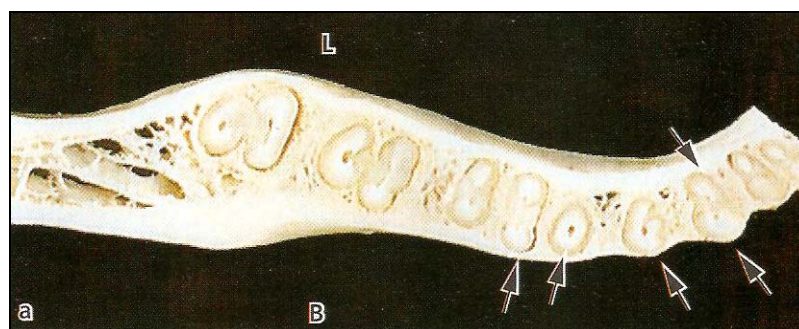


Figura I.2: Corte transversal de la apófisis alveolar de la mandíbula a nivel del tercio coronal de los dientes. Las flechas muestran como el hueso que reviste la pared del alveolo (hueso alveolar fasciculado) a menudo se continúa con el hueso cortical lingual o vestibular (10).

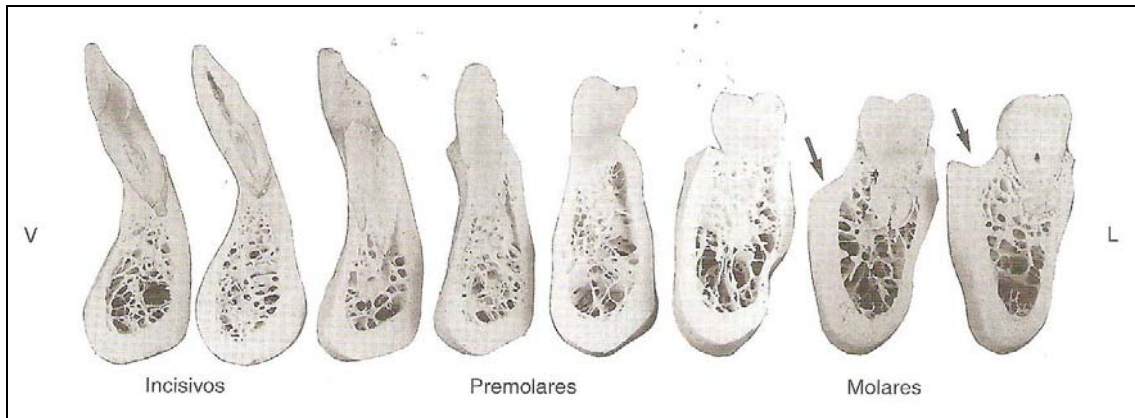


Figura I.3: Cortes vestibulo-linguales de la mandíbula. Se aprecia como varía el espesor de la cortical vestibular y lingual desde la región incisal a la molar. La flecha muestra la prominencia ósea formada por la línea oblicua (10).

- **Tabiques alveolares:**

- Tabiques interdentarios: separan los alveolos de dos dientes adyacentes.
- Tabiques interradiculares: entre las raíces de los dientes multirradiculares.

En ambos tipos de tabiques suele haber abundante tejido óseo esponjoso, revestido por dos corticales periodónticas, que se unirán en la cresta del tabique.

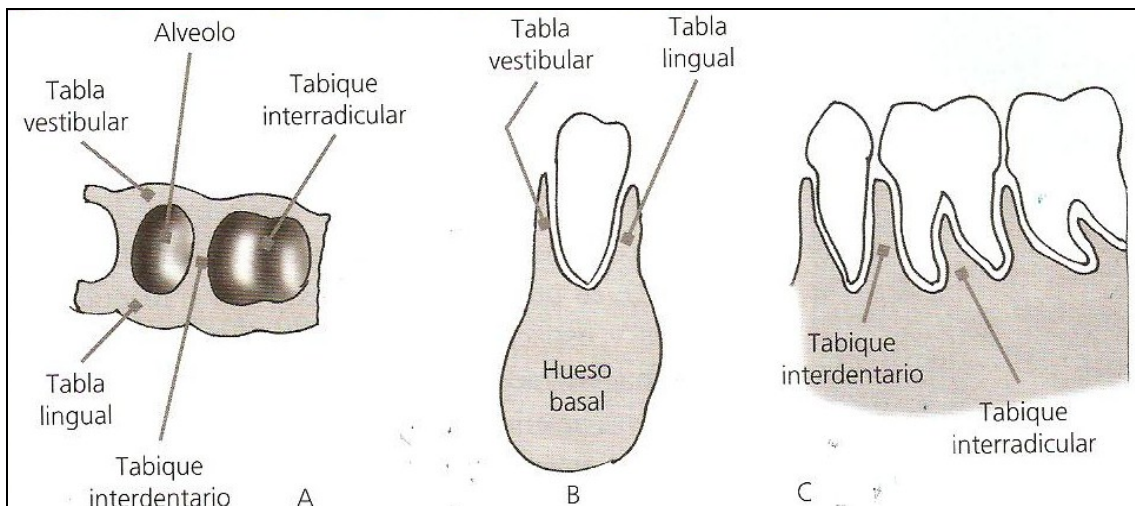


Figura I.4: Alveolos dentarios (9): (A) Corte transversal; (B) Corte vestibulo-lingual; (C) Corte mesio-distal.

El tejido óseo que forma las corticales tiene un doble origen:

- **Origen periodóntico o perióstico** (dependiendo de la cortical que estudiemos): en la capa más periférica, el hueso crece por aposición a partir de las regiones osteogénicas del ligamento periodontal o del periostio.

- **Origen medular:** en la zona más interna, el hueso se forma a partir de los osteoblastos del tejido medular vecino.

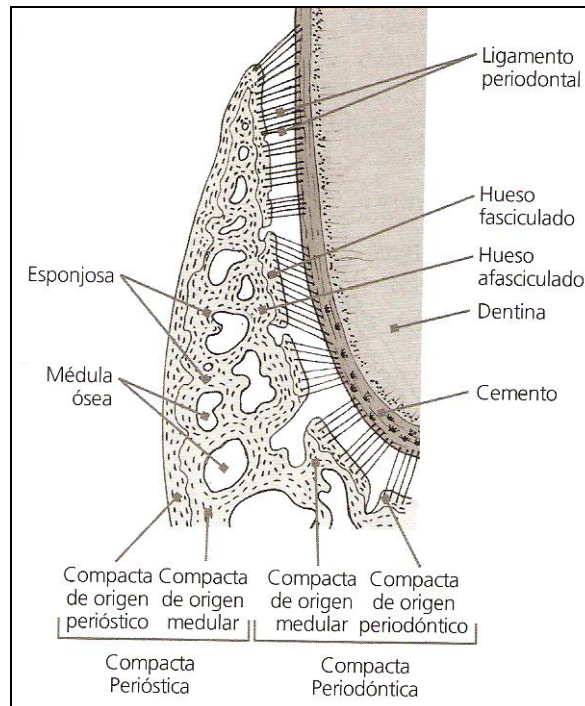


Figura I.5 : Estructura histológica del hueso alveolar (9).

La cortical de origen periodóntico aparece en las radiografías como una fina lámina más radiopaca que el resto del hueso alveolar. Por esta razón, se le suele llamar también lámina dura. La radiopacidad no se debe a un mayor contenido mineral, sino a que, al estar formada por tejido óseo compacto, contrasta con el tejido óseo trabecular adyacente. Esta cortical periodóntica está formada por tejido óseo compacto laminar. Las laminillas de hueso se sitúan paralelas a la superficie. La cortical está atravesada por haces de fibras del ligamento periodontal, llamadas fibras de Sharpey. Por esta razón, la cortical periodóntica también se conoce como hueso fasciculado. También se le puede llamar lámina cribosa, pues se encuentra perforada por múltiples forámenes por los que pasan vasos y nervios hacia y desde el ligamento periodontal.

La cortical de origen perióstico es la continuación del hueso maxilar y mandibular. Está formada por tejido óseo laminar, perforado por una pequeña cantidad de fibras del periostio.

El tejido óseo compacto de origen medular de ambas corticales está formado por laminillas con una disposición más irregular, algunas de las cuales forman sistemas de Havers.

Entre las corticales se encuentra el tejido óseo esponjoso o medular. Éste está formado por trabéculas y espacios medulares, dando una imagen radiográfica menos densa. Las trabéculas óseas están revestidas internamente por endostio y están compuestas por tejido óseo laminar.

La principal función del hueso alveolar es proporcionar los alveolos, para que el diente se aloje y se fije en ellos por medio de las fibras periodontales. Esta articulación alveolo-dentaria permite resistir las fuerzas que se generan por el contacto de los dientes durante la masticación, fonación y deglución.

Después de la extracción dentaria, las células osteoprogenitoras que migran hacia el coágulo que ocupa el alveolo formarán un tejido osteoide que se mineralizará con el paso del tiempo. Pero la cicatrización alveolar post-extracción no conserva la integridad anatómica del hueso. Cuando los dientes se extraen, el hueso alveolar deja de ejercer su principal función, por lo que tiende a reabsorberse.

1. 2. El ligamento periodontal

La raíz dental está anclada al hueso alveolar a través del ligamento periodontal. Éste es un tejido blando altamente vascularizado y celular cuyas funciones básicas son mantener el diente suspendido en su alveolo, soportar las fuerzas generadas durante la masticación y actuar como receptor sensorial propioceptivo. De esta forma se consigue que la apófisis alveolar absorba las fuerzas que se producen durante la masticación, y que la mandíbula adopte una correcta localización, consiguiéndose una oclusión adecuada.

Las principales células que forman parte del ligamento periodontal son los fibroblastos. Estas células se encargan de producir principalmente colágeno, así como de la remodelación de las fibras periodontales, mediante la síntesis de colagenasa. Asimismo, los fibroblastos participan en la remodelación del hueso alveolar. La inflamación a nivel del periodonto, que puede producirse por una extracción dental, aumenta los niveles de IL-1 (interleukina 1). Este mediador de la inflamación estimula la producción por parte de los fibroblastos de colagenasa e IL-6. La IL-6, por su parte, estimula la actividad osteoclástica, provocando la remodelación del hueso alveolar.

Las fibras del ligamento periodontal están compuestas mayoritariamente por colágeno y se pueden clasificar en:

- **Fibras principales**, que se disponen con una dirección definida.

- **Fibras secundarias**, distribuidas desordenadamente entre las anteriores.

Las fibras principales pueden clasificarse según la colocación que adopten, como muestra la Figura I.6. Éstas se desarrollan junto con la erupción del diente, extendiéndose de forma continua entre el hueso y el cemento. La porción de las fibras que está anclada al hueso y al cemento se conoce como fibras de Sharpey.

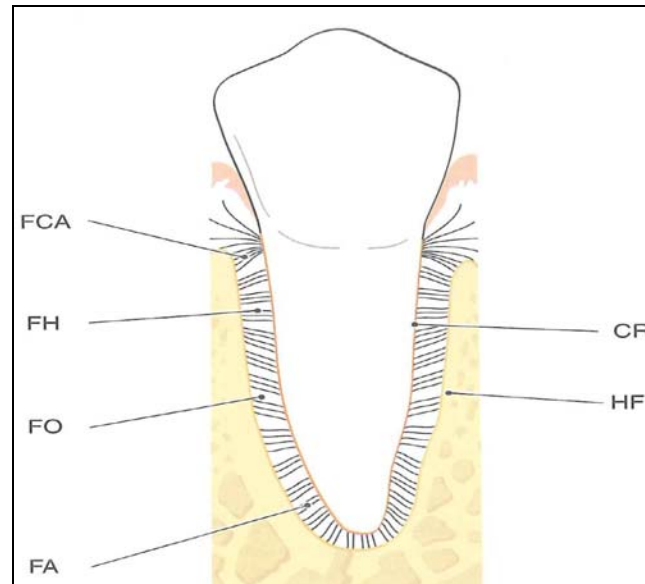


Figura I.6: Localización y clasificación de las fibras del ligamento periodontal (10). CR: cemento radicular. HF: hueso fasciculado. FCA: fibras crestalveolares. FH: fibras horizontales. FO: fibras oblicuas. FA: fibras apicales.

1. 3. El cemento radicular

El cemento es un tejido mineralizado que recubre la superficie radicular y cuya principal función es el anclaje del diente, pues en él se insertan las fibras del ligamento periodontal.

Hay diferentes formas de cemento:

- **Cemento acelular con fibras extrínsecas:** en él se insertan las fibras del ligamento periodontal y se encuentra principalmente en el tercio coronal y medio de la raíz. Las fibras extrínsecas del cemento son las fibras de Sharpey, producidas por los fibroblastos del ligamento periodontal.
- **Cemento celular mixto estratificado:** se encuentra en el tercio apical y en las furcas. contiene fibras extrínsecas e intrínsecas y cementocitos.

- **Cemento celular con fibras intrínsecas:** aparece en las lagunas de resorción. Contiene fibras intrínsecas, que son las producidas por los cementoblastos y se disponen paralelas al eje de la raíz dental.

El cemento aumenta de espesor durante la vida, por depósito de nuevas capas sintetizadas por los cementoblastos del ligamento periodontal. Cuando estas células quedan incorporadas a la matriz extracelular, que después se mineraliza, pasan a ser cementocitos.

1. 4. La encía

La encía es la parte de la mucosa masticatoria que recubre la apófisis alveolar y rodea la porción cervical de los dientes.

La encía puede dividirse en libre y adherida:

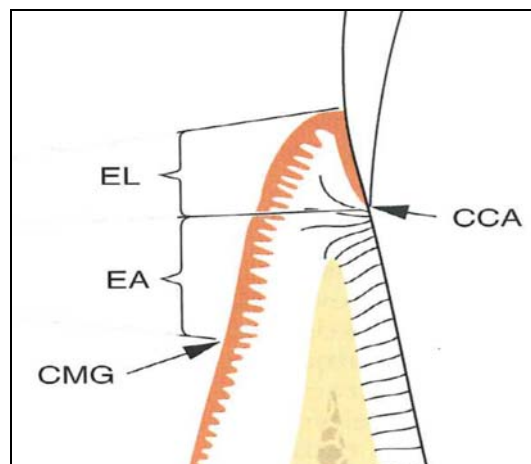


Figura I.7: Esquema de las partes de la encía (10). EL: encía libre. EA: encía adherida. CCA: conexión cementoadamantina. CMG: conexión mucogingival.

- **Encía libre:** se localiza desde el margen gingival libre hasta el surco gingival, que en condiciones normales está ubicado a nivel de la unión cementoadamantina, abarcando 1,5-2 mm. También se encuentra formando parte de las papilas interdientales.

La forma de la papila interdental depende de la relación de contacto entre los dientes, el ancho de la superficie dentaria proximal y de la unión cementoadamantina. De esta forma, en los dientes anteriores la papila tiene forma piramidal; mientras que en los posteriores adopta una forma más aplanada, formándose una concavidad llamada *col*.

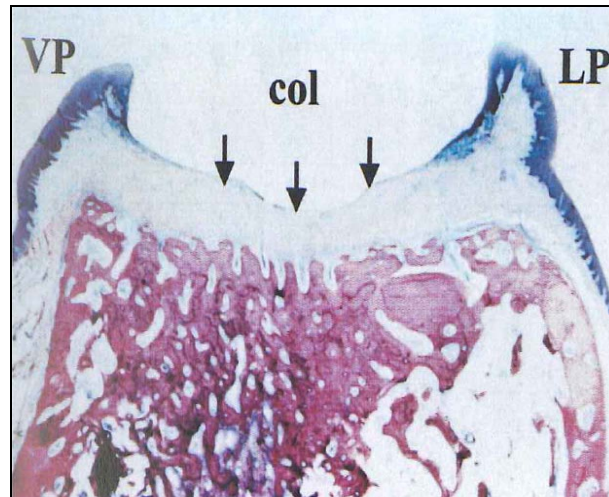


Figura I.8: Corte histológico de la papila interproximal en la zona de los dientes posteriores (10). En esta zona en lugar de un punto de contacto interproximal, los dientes tienen superficies de contacto, tomando la papila interproximal una forma cóncava, col. Por tanto, la papila interproximal tiene una porción vestibular (VP) y otra lingual/palatina (LP) separadas por el col.

- **Encía adherida:** se extiende desde el surco gingival hasta la unión mucogingival. El ancho de la encía es diferente dependiendo de la región. En el maxilar, la encía vestibular suele ser más ancha en la zona anterior que en la posterior, mientras que en la mandíbula, la encía lingual es bastante estrecha en los incisivos.

La encía termina de conformarse con la erupción de los dientes, y cuando éstos son extraídos sufre modificaciones. Cuando se extrae un diente, la encía libre desaparece, quedando el hueso alveolar recubierto únicamente por encía adherida.

2. CURACIÓN DEL ALVEOLO POST-EXTRACCIÓN

El proceso alveolar se desarrolla junto con la erupción del diente. El diente se ancla al hueso alveolar gracias a las fibras de colágeno que forman el ligamento periodontal. La forma y el volumen del hueso alveolar dependen de la forma del diente y su dirección de erupción. Cuando un diente es extraído, el proceso alveolar pierde su función, por lo que se vuelve atrófico (1). De la misma forma, los tejidos blandos periodontales sufren cambios con la erupción y la extracción del diente (11). Después de la exodoncia, el periodonto también se atrofia, perdiéndose completamente el aparato de fijación del diente.

Cuando se produce la extracción de un diente, la curación del alveolo culmina con la formación de tejido óseo y tejido blando recubriendo a éste. La primera etapa de la curación del alveolo incluye la formación de un coágulo que rellena completamente el alveolo. Este coágulo se transformará en tejido de granulación y, una semana después, la formación de osteoide habrá comenzado. Pasadas 6 semanas, la porción marginal del alveolo presenta islotes de hueso inmaduro (12). Amler observó que todas las etapas de la regeneración ósea progresaban desde el ápice y la periferia hacia el centro y la cresta del alveolo. El epitelio requirió un mínimo de 24 días para cubrir completamente el alveolo, aunque en algunos casos se necesitó más de 35 días para revestirlo completamente (13). Además, durante la curación, un reborde cortical se forma en la entrada del alveolo y, por último, el hueso inmaduro es remodelado y reemplazado por hueso laminar y medular (14).

Trombelli y cols. (15) monitorizaron durante 6 meses la curación de los alveolos post-extracción y realizaron un análisis semi-cuantitativo de los tejidos y poblaciones celulares involucradas en las etapas de la remodelación del alveolo. En 4 de las 10 muestras tomadas durante la curación temprana (2-4 semanas) se encontró tejido de granulación. El tejido de granulación es un tejido conectivo muy vascularizado con células del conjuntivo y un infiltrado inflamatorio (neutrófilos, macrófagos y linfocitos). Estas células inflamatorias se encuentran sobretodo adyacentes a las estructuras vasculares. En todas las biopsias utilizadas para caracterizar el intervalo de curación intermedio (6-8 semanas) se hallaron extensas áreas con matriz provisional. Esta matriz provisional estaba formada por tejido conjuntivo denso fibroso rico en colágeno. El infiltrado inflamatorio había desaparecido completamente y se observaban osteoblastos de localización perivascular. Por último, en la etapa de curación final (12-24 semanas)

se encontró tejido óseo inmaduro, caracterizado por proyecciones de tejido mineralizado en una matriz de tejido conjuntivo. En la Figura I.9 se observa la distribución de los componentes de las muestras del intervalo de curación temprano (2 a 4 semanas), intermedio (6 a 8 semanas) y final (12 a 24 semanas) encontrados por estos investigadores.

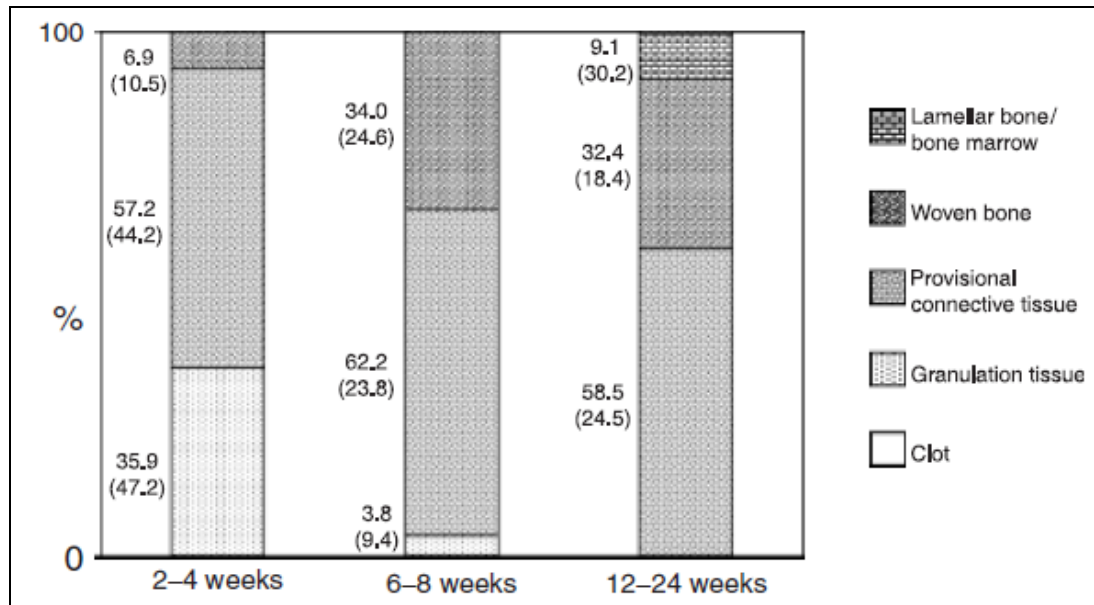


Figura I.9: Distribución de los componentes calculados en todas las muestras para cada intervalo de observación. La figura muestra la media. La desviación estándar se encuentra entre paréntesis (15).

En las Figuras I.10 a la I.13 se muestran las imágenes de las biopsias de las muestras descalcificadas y teñidas con hematoxilina-eosina (H-E) a las 3, 4, 6 y 12 semanas. Las Figuras I.10B y I.11B fueron teñidas con el marcador CD 31, para destacar el gran número de estructuras vasculares presentes a las 3 y 4 semanas.

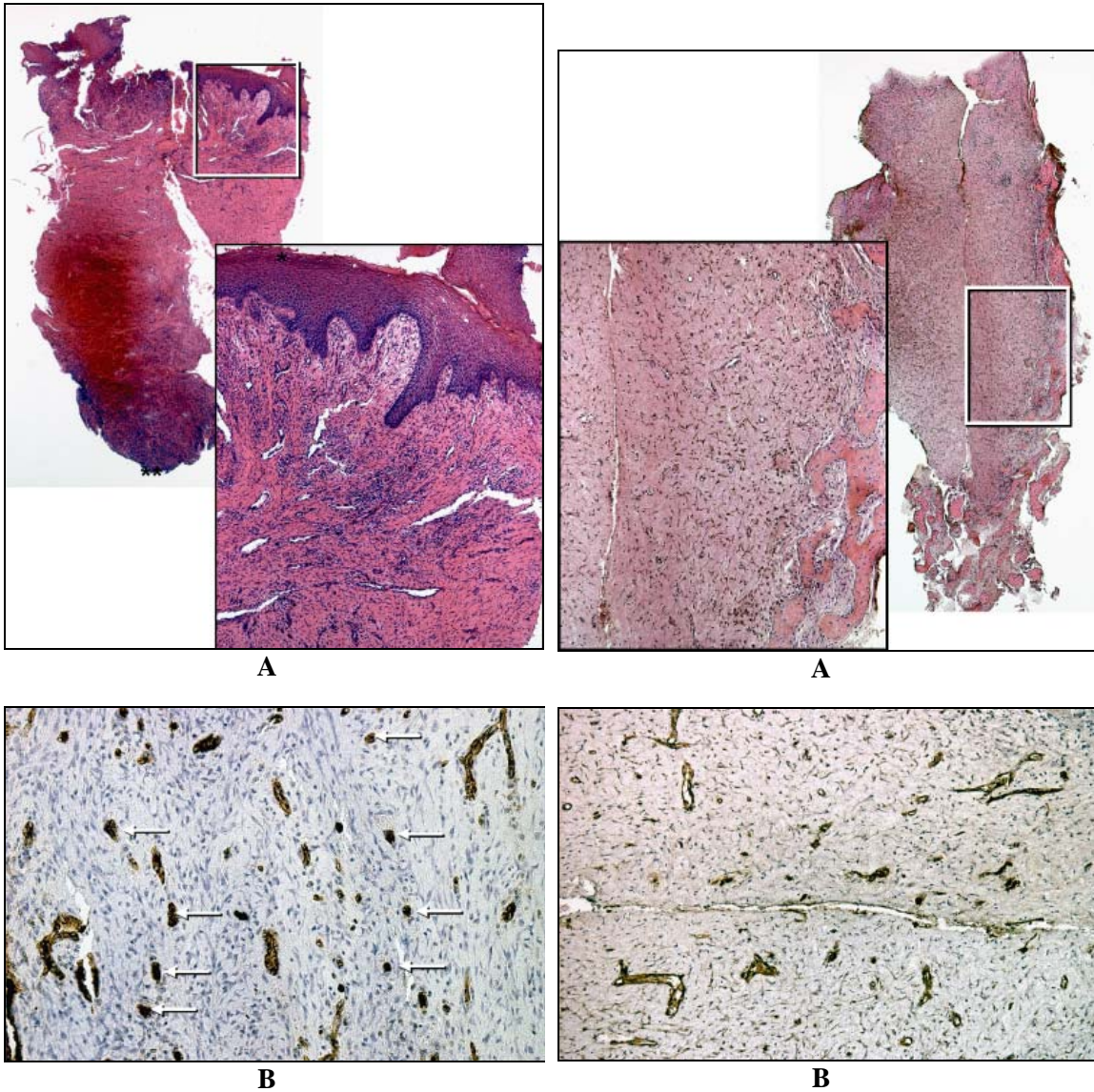


Figura I.10: (A) Biopsia de 3 semanas de curación caracterizada por el tejido de granulación (H-E). (B) Imagen teñida con CD 31, que pone de manifiesto las numerosas estructuras vasculares (15).

Figura I.11: (A) Biopsia de 4 semanas de curación, con gran cantidad de matriz provisional (H-E). (B) Estructuras vasculares teñidas con CD 31 (15).

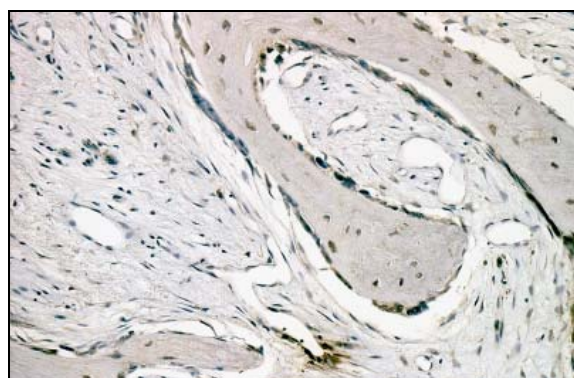
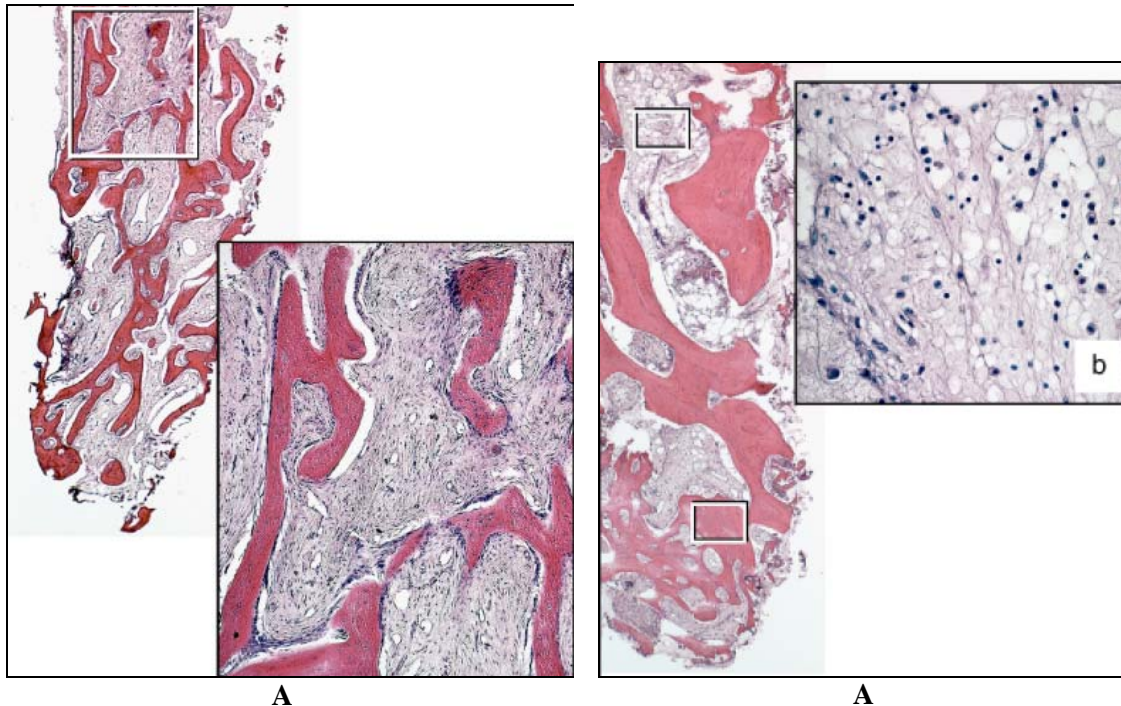
**B**

Figura I.12: (A) Muestra descalcificada de una biopsia de 6 semanas de curación con trabéculas de tejido óseo inmaduro (H-E). (B) Imagen teñida con osteocalcina, que señala los numerosos osteoblastos y osteocitos (15).

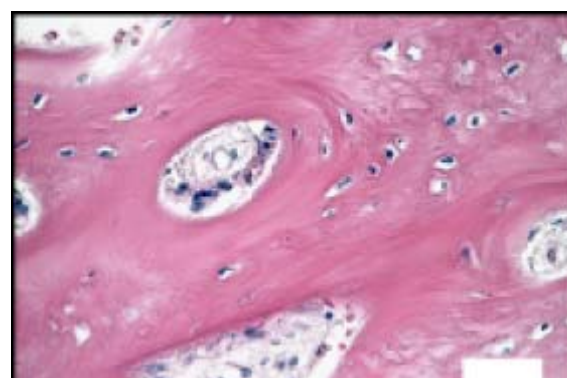
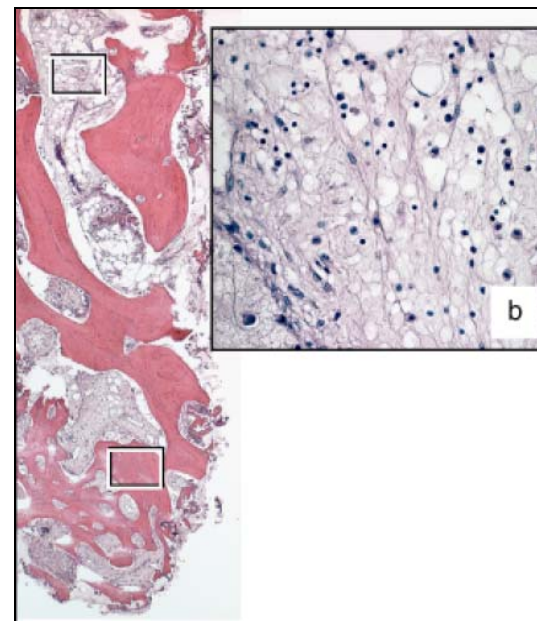
**B**

Figura I.13: (A) Biopsia de 12 semanas de curación. El tejido comprende mayor cantidad de hueso maduro en una matriz no mineralizada (H-E). El recuadro muestra adipocitos y células inflamatorias en la médula ósea. (B) Osteonas en el hueso laminar (15).

Devlin y Sloan (16) investigaron el patrón de diferenciación osteoblástica en el alveolo post-extracción mediante marcadores inmunológicos: anticuerpos anti ALCAM (Activated Leukocyte-cell Adhesion Molecule) y anti Runx2 (Runt-related Transcription Factor 2). Estas moléculas pueden identificar las células madres mesenquimáticas sometidas a la diferenciación osteoblástica. Basándose en los resultados de la inmunohistoquímica, los autores encontraron que una proporción de los

fibroblastos periodontales eran células osteoprogenitoras. Por lo tanto, estas células eran capaces de convertirse en osteoblastos o cementoblastos dependiendo de la situación. Las células osteoprogenitoras se encontrarían también en la médula ósea y, junto a las del ligamento periodontal, contribuirían a la regeneración ósea después de la exodoncia.

Cardaropoli y cols. (17) estudiaron si la ausencia de ligamento periodontal afectaría a la curación del alveolo post-extracción en perros. Después de 3 meses de cicatrización, no encontraron diferencias en las características morfológicas de los alveolos donde se había eliminado el ligamento periodontal comparado con los alveolos que siguieron una curación normal. Los mismos autores, en otro estudio (14), observaron que durante la primera semana después de la exodoncia, el ligamento periodontal adyacente al hueso de las paredes alveolares mantuvo su vitalidad, y que las células del ligamento periodontal migraron hacia la matriz provisional del alveolo. En el alveolo, las células formaron tejido conjuntivo denso y se diferenciaron en osteoblastos, que generaron el nuevo hueso (18). Por lo tanto, las células del ligamento periodontal intervienen en la reparación del alveolo, pero no son la única fuente de osteoblastos que se encuentran en la matriz provisional.

Al mismo tiempo que se produce la curación los tejidos duros y blandos del alveolo post-extracción, se produce una remodelación del hueso alveolar de la zona de la extracción, que continúa incluso después de que se rellene el alveolo de hueso neoformado (2). Esta remodelación se debe a la falta de funcionalidad del hueso alveolar, que ya no soporta al diente y se reabsorbe. Por tanto, aunque la curación del alveolo se produzca sin incidentes, la extracción dental genera cambios estructurales y morfológicos tanto en el hueso alveolar como en los tejidos blandos adyacentes (1, 11).

Atwood (19) analizó los cambios post-extracción mediante microrradiografías y cefalometrías en las mandíbulas de cadáveres y clasificó la morfología mandibular después de la extracción (Figura II.14).

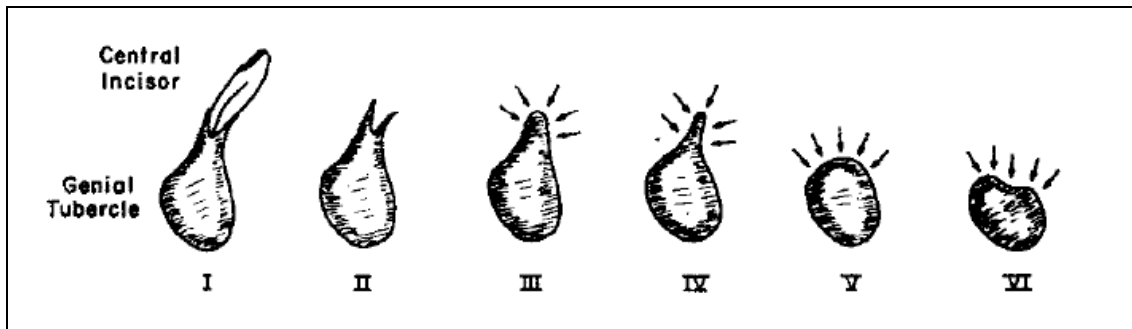


Figura I.14: Clasificación morfológica de la mandíbula. (I) Pre-extracción. (II) Post-extracción: los bordes de la cresta alveolar son afilados. (III) Cresta residual alta y redondeada: las corticales son redondeadas y la reabsorción de la cresta alveolar ha comenzado. (IV) Cresta residual en filo de cuchillo: la distancia vestibulo-lingual es muy estrecha, quedando un borde alveolar muy afilado. (V) Cresta residual baja y redondeada: el resultado de la disminución de la distancia vestibulo-lingual es la desaparición de la porción en filo de cuchillo. (VI) Cresta residual deprimida: la resorción continua por debajo del nivel de los tubérculos geni (19).

Pietrokovsky y Massler (20) estudiaron la cantidad de tejido reabsorbido después de la extracción mediante la superposición de la región edéntula sobre la región contralateral con el diente intacto. Sus resultados indicaron que la cantidad de tejido reabsorbido fue mayor en la zona molar que en la incisal y premolar. Además, el borde vestibular del maxilar se reabsorbe de forma mayor que el palatino. De esta forma, el centro del reborde se desplaza hacia palatino, disminuyendo la longitud total de la arcada. De la misma manera, el borde vestibular de la mandíbula se reduce más que el lingual. Esta última afirmación está en contraposición con las afirmaciones de Watt y McGregor. Estos autores encontraron que, en la mandíbula, la pérdida ósea es mayor en la zona vestibular del sector anterior, mientras que en el sector posterior, la pérdida es mayor en el borde lingual (21).

En cuanto a la pérdida en la altura alveolar, ésta es mayor en la zona anterior (22) y en la zona vestibular (23-25).

Araujo y Lindhe (25) estudiaron las alteraciones dimensionales ocurridas después de la extracción dental en perros. A las 8 semanas de curación, la pared alveolar lingual resultó ser más ancha que la vestibular y la cresta vestibular se localizó más apical que la lingual. Los autores concluyeron que la pared vestibular había sufrido una reabsorción del 56 %, mientras que la lingual, sólo del 30 % de su anchura total. Los autores sugirieron que la reabsorción de las paredes alveolares se producía en dos fases. En una primera fase el hueso fasciculado, que pierde su función después de la

extracción, es reabsorbido y reemplazado por tejido óseo medular. Como la cresta alveolar está únicamente formada por hueso cortical, se produce una reducción vertical. En la segunda fase se produciría la reabsorción de las paredes externas del hueso alveolar. Estos resultados concuerdan con los encontrados por Botticelli y cols. (26), que valoraron las alteraciones dimensionales que ocurrieron en el hueso alveolar después de 4 meses de la exodoncia.

Lam (27) estudió los cambios en el perfil del proceso alveolar después de la extracción dental. El tiempo de observación llegó hasta un año después de la extracción. Basándose en sus observaciones clínicas, la máxima pérdida en el perfil de los tejidos se produjo durante el primer mes después de la exodoncia. Durante este primer mes se produjo una merma en la altura de entre el 63 al 90 %, y en la anchura vestibulo-lingual de entre el 70 y el 75% del total al año. Los exámenes cada mes mostraron una pérdida progresiva de tejido, aunque esta pérdida gradual no produjo cambios sustanciales a partir del final del quinto mes.

Schropp y cols. (2) estudiaron la reparación del hueso y los cambios en el perfil de los tejidos blandos a los 3, 6 y 12 meses de la exodoncia. Los autores informaron de que, si bien sólo hubo una pequeña reducción de la dimensión vertical de la cresta, la anchura de la cresta estuvo sometida a un marcado cambio. Por lo tanto, en lo referente a la anchura de la cresta, una reducción de aproximadamente el 50% se encontró después a los 12 meses, de los cuales dos terceras partes se produjeron durante los primeros 3 meses de curación.

Por lo tanto, la mayor cantidad de hueso perdido se produce en la dimensión horizontal y ocurre sobretodo en la parte vestibular del reborde alveolar. También hay pérdida en la altura vertical del reborde, siendo ésta más pronunciada en la zona vestibular. El proceso de remodelación de la cresta alveolar genera un reborde más estrecho y pequeño (6). El efecto de este patrón de reabsorción es la recolocación del reborde alveolar en una posición más palatina o lingual (1). Además, el volumen del reborde se reduce más rápidamente en los primeros meses después de la exodoncia, especialmente en los 3 primeros, pero la actividad remodeladora del hueso continúa a lo largo de toda la vida con una tasa mucho más lenta (3, 4).

La tasa de reabsorción del proceso alveolar puede verse influenciada por diversos factores (21, 28):

- **Factores anatómicos:**
 - Cantidad de hueso: una mayor cantidad de hueso puede implicar una posible pérdida de hueso más grande. Pero aunque los rebordes alveolares amplios puedan tener un potencial mayor de pérdida de hueso, la tasa de pérdida vertical sería más lenta que en los rebordes pequeños porque hay más hueso para ser reabsorbido por unidad de tiempo (28).
 - Calidad del hueso: en los huesos más densos se produciría una tasa de reabsorción más lenta.
 - Otros factores: Forma de los rebordes alveolares y número y profundidad del alveolo.
- **Factores sistémicos:**
 - Factores nutricionales y hormonales: Osteoporosis, déficit de calcio y hiperparatiroidismo secundario.
 - Edad y sexo.
- **Factores funcionales:** Frecuencia, intensidad, duración y dirección de las fuerzas aplicadas sobre el hueso.
- **Factores inflamatorios:** los productos mediadores como las prostaglandinas y leucotrienos producidos durante la inflamación pueden tener un papel en la reabsorción ósea. En animales, la administración de indometacina, que frena la producción de estas sustancias, redujo la pérdida del hueso alveolar después de la extracción dental (29). Las situaciones que pueden incluirse dentro de este factor serían:
 - Enfermedad periodontal pre-existente
 - Trauma causado durante la extracción dental

En la Tabla I.1 se muestran los factores sugeridos como influyentes en la reabsorción del reborde alveolar (21).

Tabla I.1: Tabla de factores locales y sistémicos sugeridos como influyentes en la reabsorción del reborde alveolar (21).

Local and Systemic Factors Which Have Been Suggested as Influencing Residual Ridge Resorption

Functional	lack of mechanical stress	Manson, 1976; von Wowern <i>et al.</i> , 1979; Elovic <i>et al.</i> , 1995
	absence of dentures	Mauley and Stuart, 1937
	presence of dentures	Atwood, 1979; Devlin and Ferguson, 1991
	nature and magnitude of applied force	Applegate, 1958; Sobolik, 1960, Ortman, 1962; Winter <i>et al.</i> , 1974
	period of daily denture wear	Bergman <i>et al.</i> , 1971; Harrison, 1972
	number of years of denture use	Harrison, 1972
	number of sets of dentures	Harrison, 1972
	denture tooth selection	de Van, 1935; Winter <i>et al.</i> , 1974
	soft linings	Wright, 1994
	muscle tone	Watt and MacGregor, 1986; Klemetti <i>et al.</i> , 1994d
Anatomical	facial form	Tallgren, 1972; Mercier and Lafontant, 1979
	original size of mandible	Atwood, 1963; Carlsson and Persson, 1967
	original depth of tooth sockets	Atwood, 1963
	local bone quality	de Van, 1935; Baxter, 1987
	proportion of extrinsic fibers	Landini, 1991
	age/availability of bone cells	Tonna, 1976; Atwood, 1979
	quality of the soft tissues	Atwood, 1979
	blood supply	Ortman, 1962
muscle attachments	Watt and MacGregor, 1986	
Inflammatory	trauma inflicted at extraction	Sobolik, 1960
	pre-existing/residual infection	Humble, 1936; Sobolik, 1960
	periodontal disease	Atwood, 1979
	mucosal inflammation	Pudwill and Wentz, 1975; Penhall, 1980
	local inflammatory mediators	Atwood, 1979; Mundy, 1993; Klemetti, 1996
denture hygiene	Penhall, 1980	
Systemic	age and gender	Bergman <i>et al.</i> , 1971; Harrison, 1972
	skeletal status	Henrikson and Wallenius, 1974; von Wowern & Stoltze, 1979; Ortman <i>et al.</i> , 1989; Mohajery and Brooks, 1992; von Wowern and Kollerup, 1992
	bone regulatory hormones and dietary calcium	Ortman, 1962; Atwood, 1979; Kribbs, 1992; Hsieh <i>et al.</i> , 1995; Wical and Swoope, 1974b; Wical and Brussee, 1979

En el caso de que se levante un colgajo mucoperióstico durante la exodoncia, se ha sugerido que la reducción del flujo sanguíneo al alveolo provocaría la muerte de los osteocitos y la necrosis del hueso mineralizado adyacente. Este hueso necrótico sería eliminado por los osteoclastos cercanos al periostio. Como la tabla vestibular es más estrecha que la lingual o palatina, la reabsorción horizontal causaría también una reducción vertical de la pared vestibular. Aun así, las alteraciones dimensionales ocurren sin haber levantado un colgajo, por lo que debe haber otros factores involucrados en la reabsorción ósea (25). Fickl y cols. (7) estudiaron las alteraciones producidas en los tejidos después de la extracción dental con y sin levantamiento del colgajo. Los autores encontraron una mayor pérdida de tejido en las extracciones realizadas mediante el levantamiento del colgajo. En cambio, Araújo y Lindhe (8) obtuvieron una pérdida de hueso similar en ambos procedimientos.

Durante la extracción dental, se forma hueso nuevo en el interior del alveolo mientras que el hueso antiguo de las paredes alveolares se reabsorbe. Estos

acontecimientos post-extracción generan una pérdida de tejido duro. La cuestión radica en si la elevación del colgajo induce un trauma mecánico adicional con una respuesta inflamatoria lo suficientemente grande para tener un efecto duradero en las dimensiones finales del reborde alveolar (8).

La extracción dental se traduce no sólo en los cambios de la estructura ósea, sino también en la afectación de los tejidos blandos que recubren al alveolo (2). Inmediatamente después de la extracción del diente, hay ausencia de tejido blando que cubra el alveolo post-extracción, por lo que éste debe curar por segunda intención. En las semanas siguientes, la proliferación celular se traducirá en un aumento en el volumen del tejido blando. Los cambios en los contornos de la mucosa son dependientes de los cambios correspondientes en el perfil externo del hueso alveolar que rodea el lugar de extracción.

3. MICROSCOPIA LÁSER CONFOCAL DE BARRIDO

El **Microscopio Láser Confocal de Barrido** es un microscopio óptico que incluye como fuente de luz un láser y un sistema electrónico que ayuda a la captación de imágenes. Gracias a ello se consigue, por un lado, un aumento en la resolución, y por otro, la obtención de imágenes de secciones ópticas extremadamente finas, eliminando así la interferencia que produce la luz que llega de los diferentes campos ópticos de todo el grosor de la muestra que se observa, consiguiendo que el enfoque se realice sobre un único plano (confocal). Gracias a ello y a que las imágenes obtenidas son imágenes digitales, se pueden conseguir aumentos insospechados para la microscopía óptica.

Este tipo de microscopio se basa en la eliminación del velo que, en una imagen de microscopía óptica normal, producen las regiones que se encuentran fuera del plano de foco. Para ello, la luz que incide sobre la muestra pasa por un pequeño agujero o ranura (*pinhole*) y se enfoca en el plano de la imagen de un objetivo de gran apertura numérica (Figura I.15). De esta manera, la luz que es reflejada por el punto que se encuentra en el plano focal del objetivo, regresa al mismo y es reenfocada y transmitida a su vez por un *pinhole* sin ninguna pérdida. En cambio, la luz dispersada o emitida por los puntos que se encuentran fuera del plano de la imagen es atenuada o bloqueada completamente. De esta forma, se obtiene una imagen de alto contraste y definición de un punto en el plano focal, sin que haya una contribución significativa de las regiones que se encuentran fuera de foco. Debido a que las aperturas tanto de la iluminación como del retorno de la imagen tienen un foco común, se ha denominado este tipo de microscopios como *Microscopio Confocal*. Puede resumirse su función diciendo que la microscopía confocal se basa en mejorar la relación entre la señal y el ruido de la imagen.

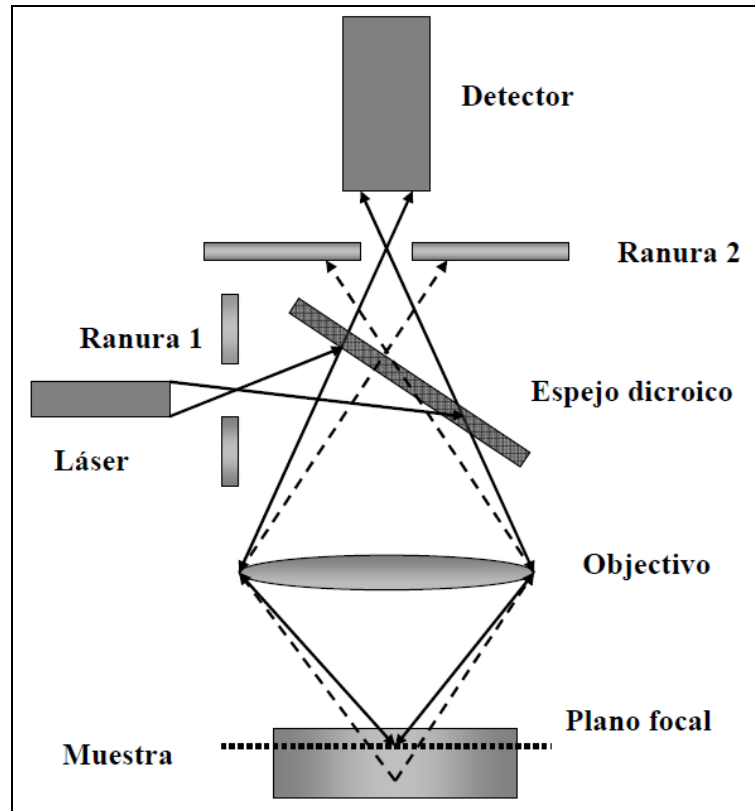


Figura I.15: Diagrama esquemático de la secuencia óptica en un Microscopio Confocal (30).

En la Figura I.15 (30) se muestra un esquema de un Microscopio Confocal, en el cual, la fuente de luz que se utiliza es un rayo láser. El haz de luz se hace pasar por una primera ranura e incidir en un espejo dicróico (que refleja totalmente la luz que incide con un ángulo de cerca de 45 grados), para posteriormente enfocararlo sobre la muestra usando el propio objetivo del microscopio. La luz emitida por la muestra es colectada por el mismo objetivo y, pasando a través del espejo dicróico es enfocada en una segunda ranura detectora. La luz que penetra a menor o mayor profundidad en la muestra (planos fuera de foco), incide por delante o por detrás de la ranura detectora (haces de luz representados en líneas punteadas). Debido a que la cantidad de luz que incide sobre la muestra es sumamente pequeña, es necesario usar fuentes de iluminación muy poderosas como es el rayo láser.

El procedimiento descrito, nos da la imagen de un pequeño punto de la muestra. Para obtener una imagen completa es necesario usar procedimientos complejos que permitan mover el punto de iluminación en toda la muestra, e integrar esta imagen formada de puntos individuales en una imagen única. Para esto, se usan sistemas que permiten desplazar la muestra o mover el punto de iluminación, barriendo toda el área

que se desea observar. Por esto último, se denomina a los microscopios como "Microscopio Confocal Láser de Barrido" (CLSM: Confocal Laser Scanning Microscope). Para construir una imagen es necesario recorrer toda la muestra de manera uniforme, además de que el rayo de iluminación y la vía de retorno, deberán estar perfectamente alineadas.

Independientemente de cual sea el procedimiento que se utilice para barrer la muestra, las imágenes del microscopio confocal son notablemente superiores a las que se obtienen con el microscopio óptico convencional, ya que las imágenes generadas contienen detalles volumétricos y de textura imposibles de alcanzar con este último.

La Microscopía Confocal permite también estudiar los especímenes usando luz transmitida o reflejada, ello implica que se puedan estudiar muestras que, por su grosor o por sus características, no son transparentes. Esto ha permitido que se desarrollen nuevas técnicas de preparación de los especímenes a observar, las cuales no implican el corte en rebanadas delgadas como se hacía anteriormente.

La importancia de la microscopía confocal radica por tanto en que constituye una nueva y poderosa herramienta para examinar estructuras. Podemos resumir sus ventajas (31, 32):

- 1) Mayor resolución: La resolución aumenta cuanto menor sea la longitud de onda y mayor sea la apertura numérica del objetivo. Para un objetivo de inmersión en aceite con una apertura numérica de 1,4 y una longitud de onda de 442 nm, es posible alcanzar una resolución de 0,14 μm en horizontal y 0,23 μm en vertical.
- 2) Mayor contraste: Debido a que se elimina el velo que genera la luz procedente de las zonas fuera de foco.
- 3) Posibilidad de realizar secciones ópticas: Variando el plano de enfoque, el sistema es capaz de tomar imágenes a diferente profundidad, lo que permite obtener información 3D de la muestra.
- 4) Análisis de imágenes: Al obtenerse la imagen de modo electrónico, es posible digitalizarla y aplicar sobre ella toda una serie de técnicas de imagen como: realce de imágenes, medidas de intensidad y medidas morfométricas.
- 5) Reconstrucción 3D: A partir de las secciones ópticas es posible aplicar técnicas de reconstrucción 3D que nos permiten visualizar las estructuras.

- 6) Imágenes multidimensionales: El CLSM nos permite estudiar imágenes en 2 y 3D a lo largo del tiempo.

El concepto básico de *Microscopía Confocal* fue introducido a mediados de 1950 por M. Minsky, pero su uso no se generalizó hasta el fin de la década de 1980, cuando aparecieron los primeros instrumentos comerciales (33). Debido al desarrollo de los componentes ópticos y electrónicos en la década de los 1990, se crearon láseres más estables y energéticos, espejos de barrido de alta eficiencia, fibras ópticas, mejores recubrimientos dieléctricos y detectores. La CLSM se ha convertido en una herramienta esencial y fundamental en la biología y la medicina (34, 35), así como en la caracterización de materiales. En este campo, la Microscopía Confocal ha sido usada en investigaciones sobre la tecnología del papel (36, 37), la ciencia de la madera (38), materiales basados en cementos (39-41), películas poliméricas (42) y en corrosión (43).

4. APLICACIONES DE LA MICROSCOPIA LÁSER CONFOCAL EN EL CAMPO DE LA ODONTOLOGÍA

De acuerdo con el estudio bibliográfico previamente publicado, García-Herraiz y cols. (30), el Microscopio Láser Confocal ha sido utilizado en el campo de la Odontología en especialidades como la evaluación de nuevos materiales restauradores en la terapéutica dental o la determinación de la interfase hueso-implante. Los primeros artículos que describen el uso de este tipo de microscopios en la Odontología fueron publicados en los años 90 (44-46). Desde entonces, la Microscopía Láser Confocal ha sido utilizada en numerosos estudios, como ponen de manifiesto algunas de las aplicaciones que a continuación se describen:

4. 1. Aplicaciones de la CLSM en la terapéutica dental

La estabilidad a largo plazo de las restauraciones de resina compuesta dependen de la estructura resultante de la interfase adhesiva creada entre el material de restauración y los tejidos duros dentales (47). Las técnicas de adhesión a la dentina actuales se fundamentan en el desarrollo de una barrera intermedia creada por la difusión de las resinas de baja viscosidad de los sistemas adhesivos en la dentina desmineralizada mediante el tratamiento con ácido fosfórico o modificada estructuralmente con *primers* autograbantes. Esta capa de dentina impregnada con resina se extiende únicamente unas pocas micras y se conoce como *capa híbrida* (48). La hendidura submicrométrica representa un espacio potencial entre la base de la red de colágeno y la dentina cuando ésta es grabada con ácido. La CLSM se ha utilizado para caracterizar la interfase resina-dentina que se produce con diferentes materiales de restauración, así como para evaluar la ultramorfología y la microporomeabilidad de los mismos (49-58). La Figura I.16 muestra la hendidura submicrométrica en una imagen obtenida mediante la CLSM.

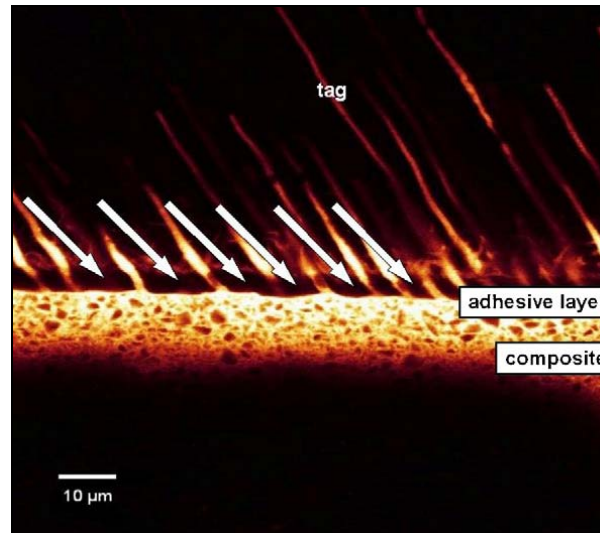


Figura I.16: Imagen de la hendidura submicrométrica con la CLSM en modo de fluorescencia (53). Las flechas muestran el espacio formado en la interfase resina-dentina.

Además, también se ha utilizado para valorar la mejora en la interfase resina-dentina al emplear nuevos adhesivos con zinc en su composición (59), como se demuestra en la Figura I.17, o materiales bioactivos como el fosfosilicato de calcio o de sodio (60).

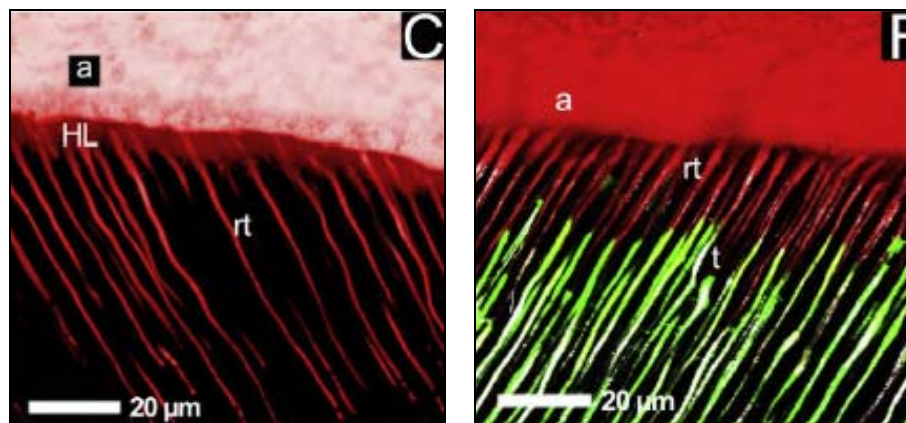


Figura I.17 : Imágenes con la CLSM de la interfase resina-dentina al utilizar un adhesivo con zinc (59). C) Interfase resina-dentina que muestra una capa gruesa de adhesivo (a), por encima de una capa híbrida (HL) bien definida y largas proyecciones de resina (rt). F) Interfase resina-dentina en modo fluorescente que muestra una capa híbrida (HL) sin signos de fluorescencia (nanofiltración). La presencia de la fluoresceína es evidente sólo en el interior de los túbulos dentinarios (t), por debajo de las proyecciones de resina (rt).

Esta técnica permite medir la anchura del espacio sin que se destruyan las muestras (61). Cuando las estructuras de la interfase resina-dentina se examinan usando la CLSM y la Microscopía Electrónica de Barrido (SEM: Scanning Electron Microscopy), la CLSM permite que las muestras se mantengan en condiciones de humedad constantes, eliminándose los artefactos de secado que aparecen generalmente con las técnicas de preparación de la SEM (54).

Asimismo, la CLSM permite el análisis de la penetración del sellador endodóncico en los túbulos dentinarios y la relación entre el sellador y las pared radicular dependiendo de la técnica empleada (62-65), Figura I.18.

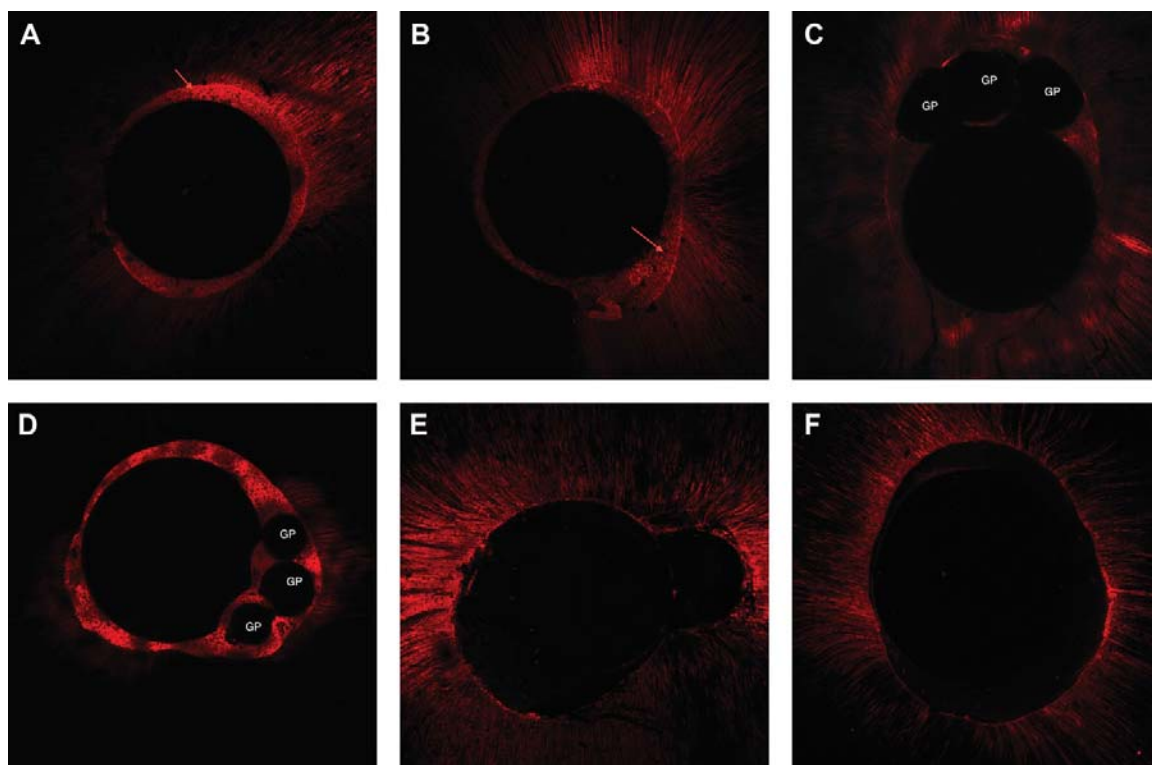


Figura I.18: Imágenes con la CLSM de la penetración del sellador en los túbulos dentinarios (62). A, B) Un solo cono de gutapercha: la flecha indica la presencia de una gruesa capa de sellador. C, D) Compactación lateral en frío: conos accesorios de gutapercha (GP) en la zona apical. E, F) Thermafil: presencia de una capa delgada de sellador.

La efectividad de diferentes grabadores sobre las superficies de esmalte y dentina también ha sido estudiada mediante esta técnica (66-70), así como la configuración de la superficie del esmalte después de la retirada del adhesivo (71), Figura I.19, la penetración del adhesivo en el esmalte desmineralizado (72) y su uso como sellador de fosas y fisuras (73).

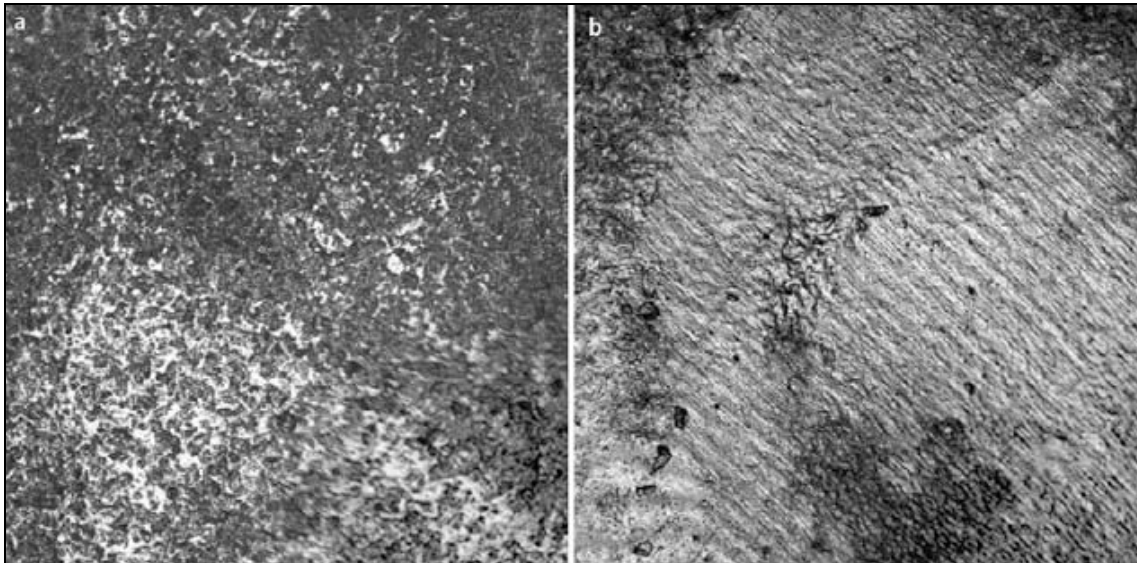


Figura I.19: Estructura superficial del esmalte con la CLSM después de la retirada del adhesivo mediante aire abrasivo (a) y una fresa de carburo (b). Una rugosidad uniforme se visualiza después de la abrasión del aire, mientras que la fresa de carburo deja un patrón ondulado (71).

La CLSM también se ha utilizado para caracterizar el efecto de diferentes procedimientos sobre los tejidos dentales, sanos y patológicos. De esta forma se ha investigado el resultado de la aplicación de agentes blanqueadores sobre el esmalte normal (74-79) y sobre lesiones incipientes de caries (80, 81). También se ha analizado el esmalte y la dentina después del empleo de diferentes láseres como de Nd:YAG (82), Figura I.20, Er:YAG (83) y CO₂ (84, 85).

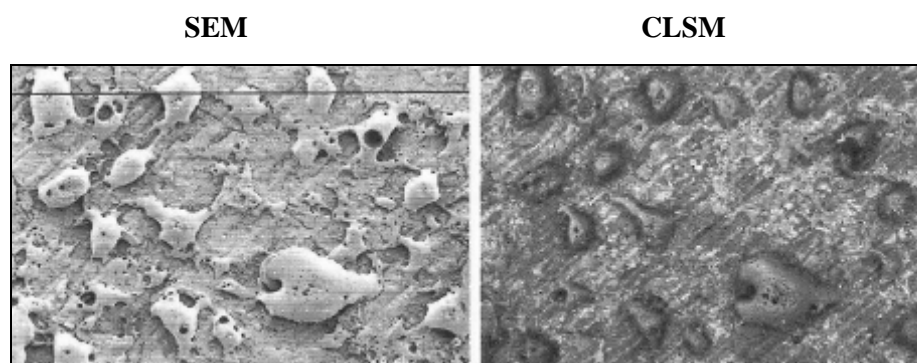


Figura I.20: Comparación de las imágenes obtenidas mediante SEM y CLSM de la rugosidad de la superficie de la dentina irradiada con un láser Nd:YAG (82).

La oclusión de los túbulos dentinarios con el uso de un dentífrico desensibilizante (86, 87), el aumento de la remineralización al usar fluoruro tópico junto a iontoforesis (88), la efectividad de los métodos de eliminación de las lesiones de

caries (89) y la resorción radicular relacionada con las fuerzas ortodóncicas (90) son otras de las investigaciones donde se ha empleado la CLSM.

Otra línea de estudio donde la CLSM ha sido utilizada es el análisis de la abrasión y erosión dental en tejidos sanos (91-93), lesiones de mancha blanca (94) y en diferentes materiales restauradores (95-98), como se aprecia en la Figura I.21.

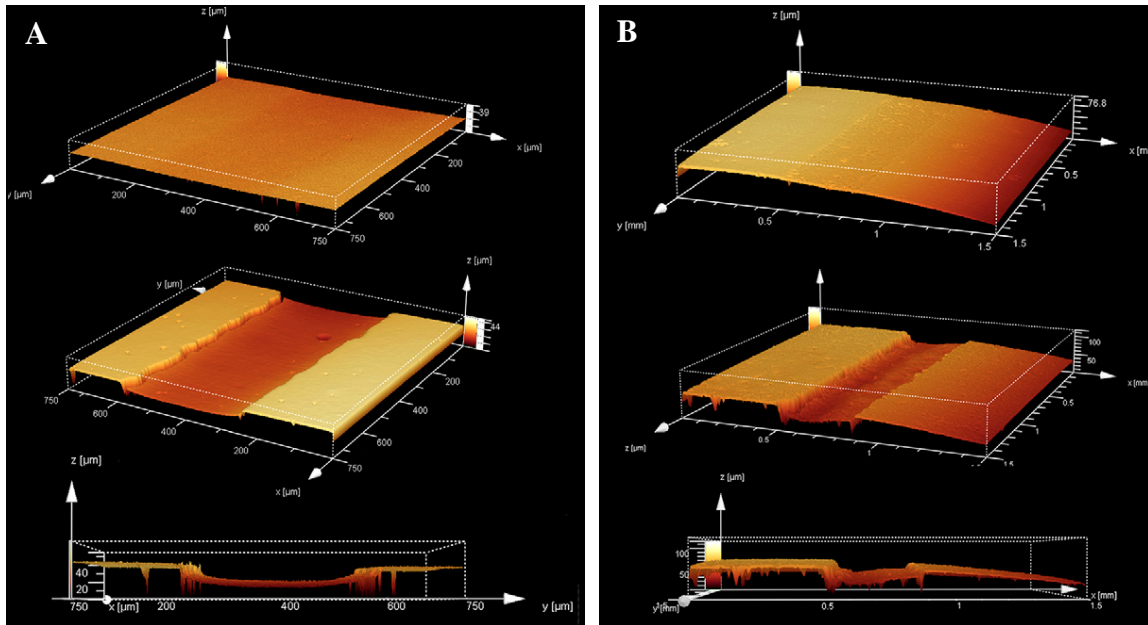


Figura I.21: Imagen 3D obtenida mediante CLSM de la topografía de la resina antes y después del cepillado dental (A) y del test de desgaste ACTA (B) (95).

La formación de caries es una de las causas más importantes del fracaso y del recambio de las restauraciones dentales. Los cambios generados en los tejidos dentales debido a las lesiones de caries se han observado con la CLSM. Se ha analizado la profundidad de las lesiones de caries producidas en modelos artificiales biológicos y químicos, tanto en dentición permanente como en temporal (99), así como los cambios superficiales (100, 101), contenido mineral (102) y la remineralización del esmalte (103) que se produce. Cuando el desarrollo de las lesiones de caries se examina con microrradiografía (TMR: Transversal Microradiography) y CLSM, las lesiones iniciales del esmalte que no se detectan con TMR sí que son observadas con la CLSM (104).

Por último, la CLSM se ha empleado para medir el efecto cariostático de diferentes materiales restauradores y compuestos fluorados. Se ha estudiado la formación de la zona de inhibición y la distribución de los minerales a lo largo de la interfase de sistemas adhesivos que contienen fluoruro o un *primer* antibacteriano, después de la producción de caries artificiales de forma química o biológica (105),

Figura I.22. También se ha investigado la inhibición de la progresión de la lesión de caries por la penetración de la resina (106-110) o el tratamiento con barniz fluorado (111, 112).

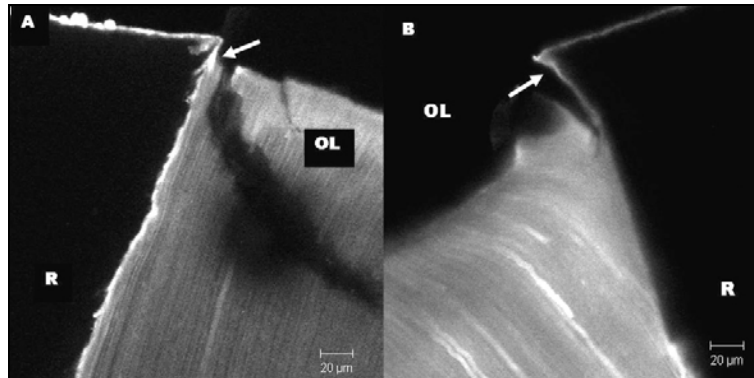


Figura I.22: Imágenes 2D con CLSM de la formación de la zona de inhibición por los sistemas adhesivos después de la inducción de la caries artificial (105): A) Grupo CC (inducción química y sistema adhesivo autograbador Clearfil Protect Bond). B) Grupo CB (inducción biológica y sistema adhesivo autograbador Clearfil Protect Bond). La flecha indica la formación de la zona de inhibición. (OL) Lesiones externas.

4. 2. Aplicaciones de la CLSM en los análisis del hueso.

Los primeros estudios que se realizaron para evaluar el hueso con la CLSM se desarrollaron en el campo de la ortodoncia, donde se investigó la remodelación del hueso alveolar con el movimiento y la retención ortodóncica (113).

Para definir el valor de la CLSM como un método práctico para el análisis cuantitativo y cualitativo de los tejidos duros, se analizó el hueso maxilofacial normal (114). La CLSM mejoró la captación de imágenes, la resolución a nivel celular de las imágenes bidimensionales y permitió la evaluación histomorfométrica, tanto en hueso sano como patológico. En este campo, se han evaluado las diferencias histológicas e histomorfométricas en la estructura ósea de los pacientes con osteonecrosis mandibular por bifosfonatos y de los pacientes sanos (115), como se puede valorar en la Figura I.23. La osteonecrosis mandibular por bifosfonatos son lesiones consistentes mayoritariamente en necrosis ósea. La CLSM permite el análisis histológico del hueso y obtener los parámetros histomorfométricos.

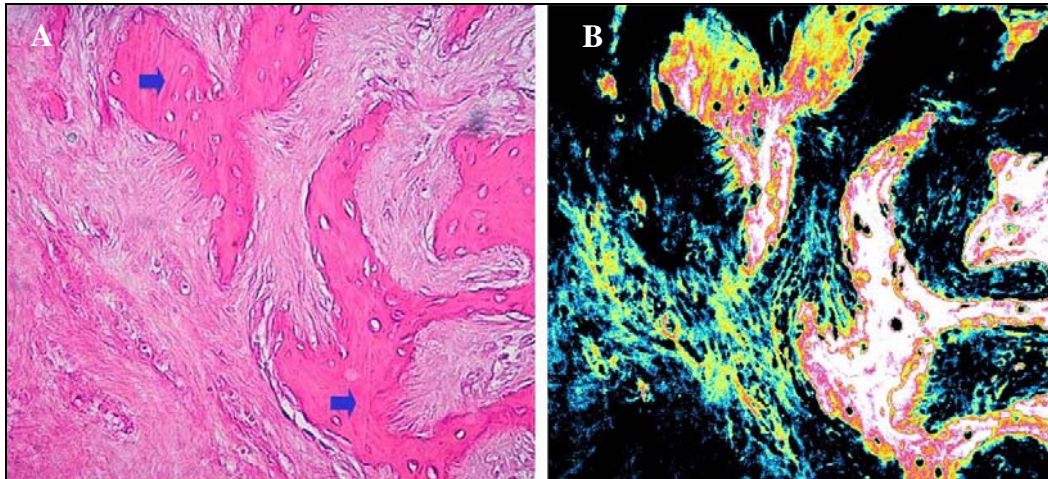


Figura I.23: Tejido óseo de pacientes con osteonecrosis por bifosfonatos (115). Imagen a microscopía óptica (Hematoxilina-Eosina) (A) y con CLSM (B) del tejido ósea neoformado (flechas azules). La CLSM muestra con mayor detalle un núcleo de hueso altamente mineralizado rodeado de osteoide poco mineralizado.

Otra rama donde la CLSM ha sido ampliamente usada es en el estudio de los implantes dentales. Uno de los factores más importantes en la osteointegración de los implantes de titanio son las características de su superficie. Varios estudios han evaluado histomorfométricamente la osteointegración sobre diferentes tipos de superficies (24, 116-118).

Las propiedades mecánicas de hueso dependen de los porcentajes de sus constituyentes orgánicos y minerales, y son esenciales para caracterizar con precisión los lugares implantados. Por lo tanto, la densidad mineral ósea del hueso alrededor del implante se ha evaluado mediante SEM, microscopía óptica convencional, microscopía de fluorescencia y CLSM. Bajo la CLSM las mismas secciones mostraron el área de remodelado óseo cercano a la superficie del implante (119), Figura I.24.

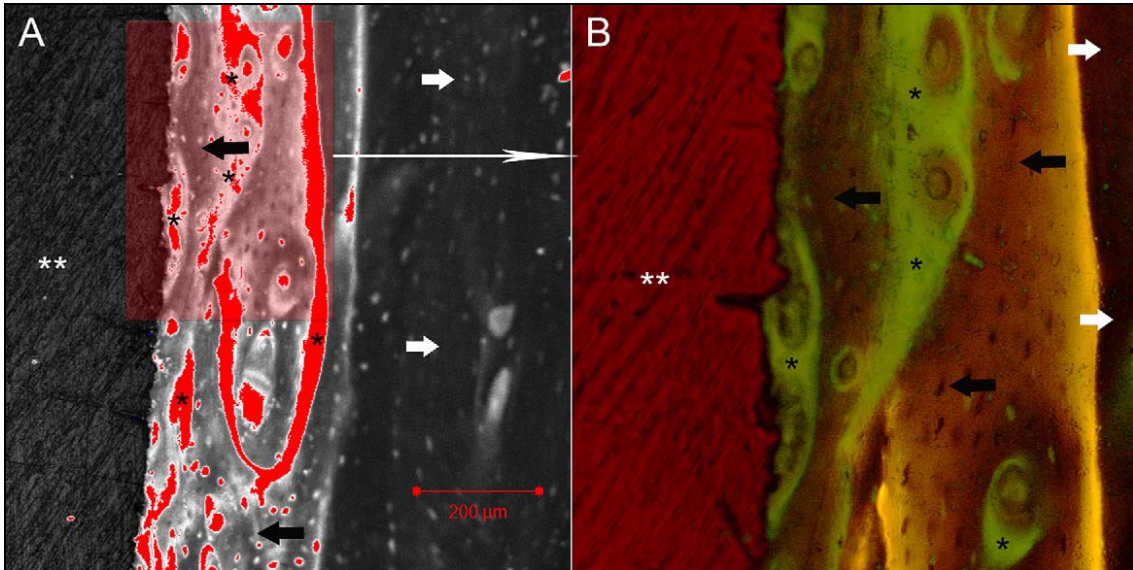


Figura I.24: Imágenes con CLSM del hueso adyacente al implante sin carga (119). La flecha negra muestra las áreas de hueso con menor densidad mineral; mientras que la flecha blanca indica las áreas con mayor densidad. (**) Implante; (*) espacios medulares.

La observación a gran aumento de la formación de hueso contiguo a los implantes de titanio en secciones no descalcificadas resulta muy difícil debido a la complicación del corte del hueso junto a los implantes (120). La CLSM permite examinar ambos y analizar la interfase tejido-implante en condiciones no invasivas (121). La Figura I.25 muestra las imágenes tomadas con la CLSM de la zona de hueso adyacente a la superficie del implante, en secciones no descalcificadas.

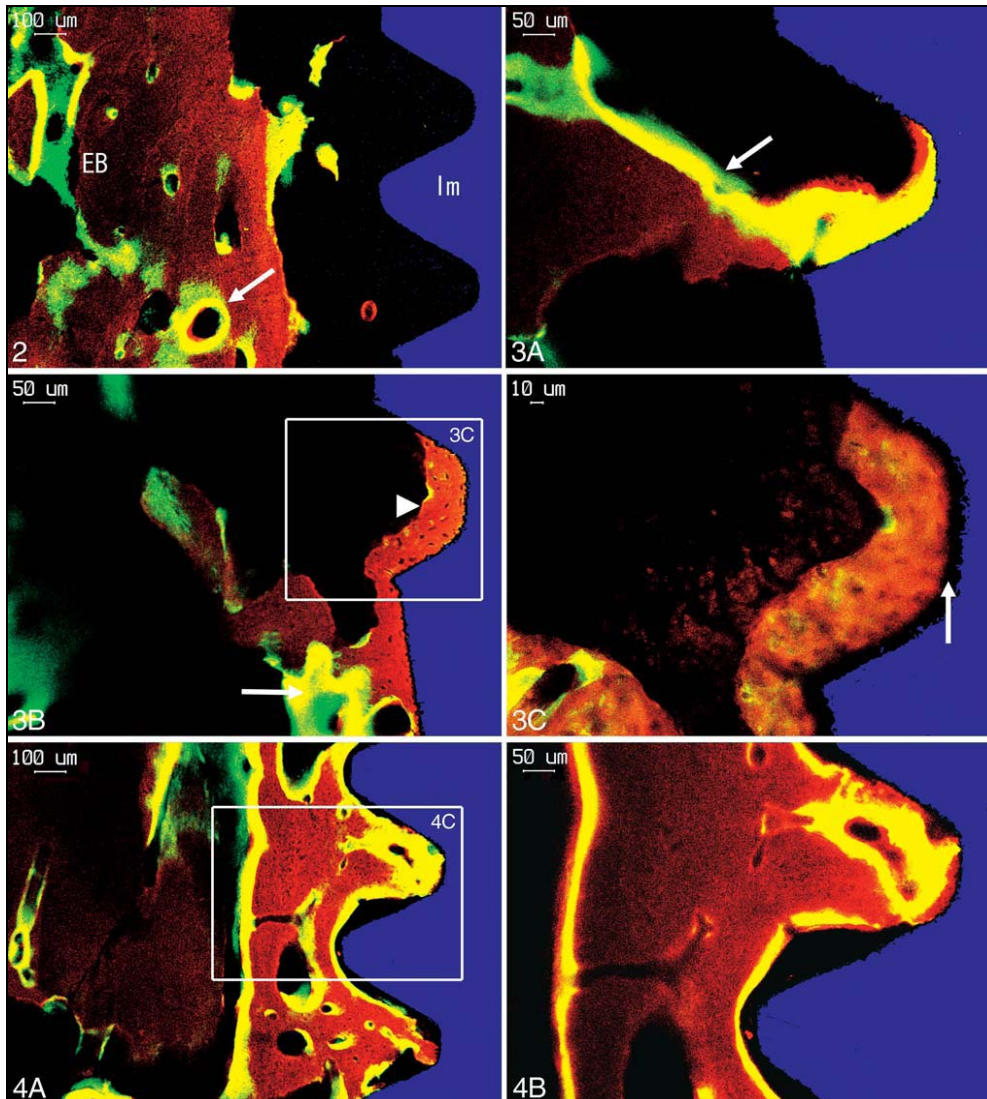


Figura I.25: Imágenes con CLSM de la osteointegración de los implantes de titanio (120). 2) Implante 4 semanas después de la cirugía. La flecha muestra el hueso neoformado sobre el hueso existente (EB) hacia la superficie del implante. 3) Implante 8 semanas después de la cirugía. (3A) La flecha muestra la extensión del hueso hacia la superficie del implante. (3B) La proliferación del hueso se inicia en el hueso neoformado (flecha) y progresa hacia el implante. (3C) La flecha muestra una interfase hueso-implante de 10 μm . 4) Implante 12 semanas después de la cirugía. (4A) La formación de hueso se extiende a toda la región adyacente al implante. (4B) Patrón anular de la formación del hueso.

La CLSM se ha usado recientemente para estudiar micromorfológica y cuantitativamente la rugosidad de la superficie del hueso cuando se trata con diferentes osteotomos ultrasónicos (122), Figura I.26.

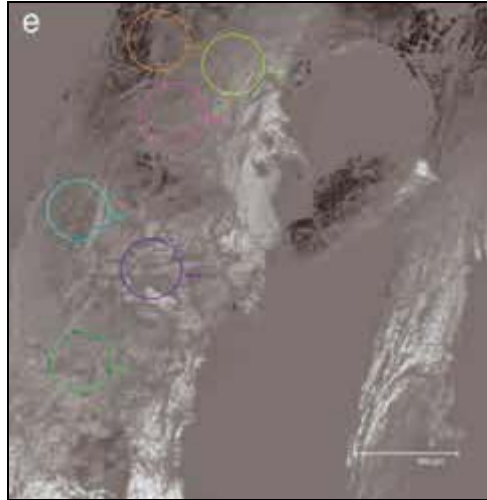


Figura I.26: Imagen con CLSM del hueso cortado mediante un osteotomo ultrasónico (122). Los círculos coloreados marcan los lugares donde fue medida la rugosidad de la superficie.

4. 3. Aplicaciones de la CLSM en el análisis de los tejidos duros dentales.

La CLSM ha permitido visualizar las características del esmalte, la dentina y el cemento, y la distribución de sus componentes. En este campo, se ha evaluado la distribución del colágeno en la dentina coronal (123) y los componentes lipídicos de la matriz orgánica (124). La forma y la disposición de las varillas del esmalte en dientes permanentes y temporales se han examinado con la CLSM y SEM. En la Figura I.27 se aprecia que las imágenes obtenidas con ambos métodos resultaron similares (125).

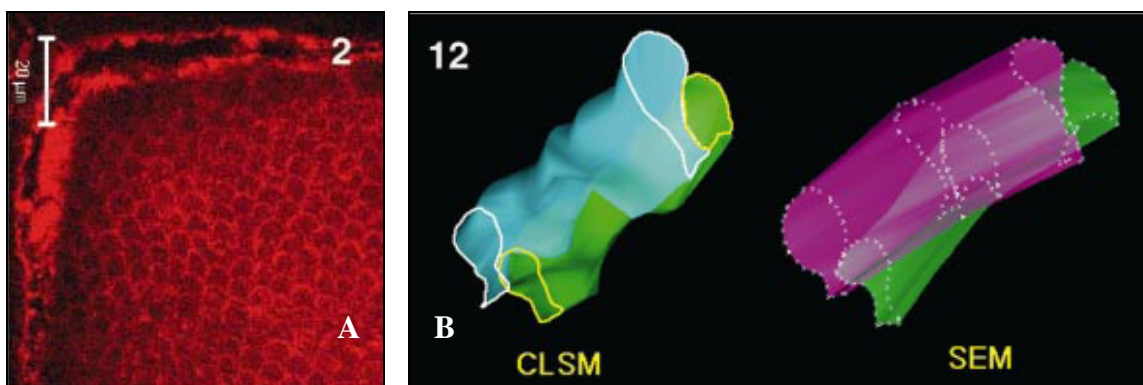


Figura I.27: A) Contorno de las varillas del esmalte con CLSM de un diente permanente. B) Reconstrucción 3D parcial de dos varillas del esmalte basadas en secciones con CLSM y SEM. Nótese la gran similitud de las dos técnicas (125).

En cuanto a las células que forman parte de la estructura de los dientes, se ha conseguido visualizar los cementocitos (126, 127), Figura I.28, así como la porción terminal de los procesos odontoblásticos (128-130), Figura I.29.

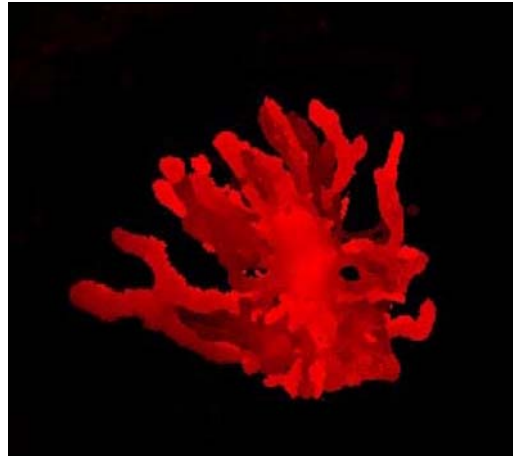


Figura I.28: Reconstrucción 3D con la CLSM de un cementocito. Los procesos celulares parten del cuerpo celular y se sitúan en la parte vascular del ligamento periodontal (126).

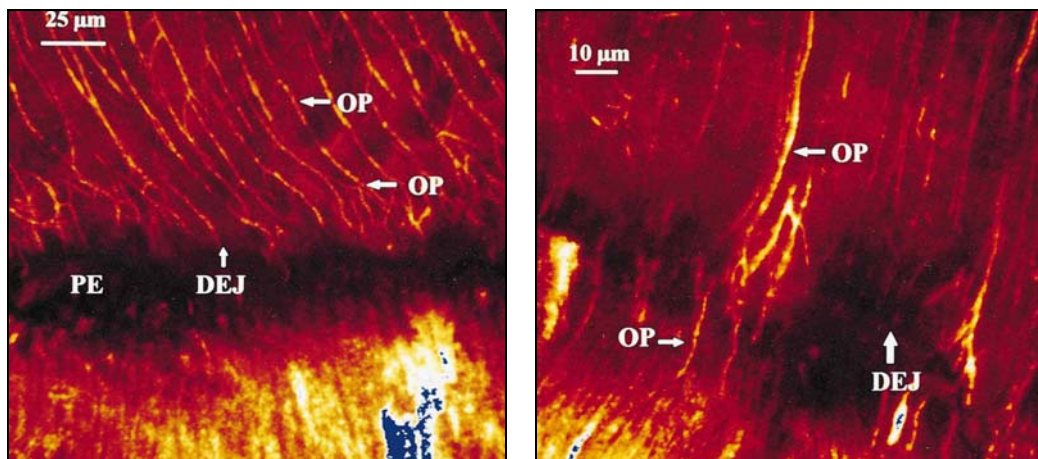


Figura I.29: Imagen con CLSM de los procesos odontoblásticos, con numerosas ramificaciones y anastomosis en la dentina superficial, introduciéndose en el esmalte basal (129).

DEJ: unión amelo-dentinaria; PE: esmalte aprismático; OP: proceso odontoblástico.

Las lesiones orales como los tumores odontogénicos quísticos calcificados (CCOT: calcifying cystic odontogenic tumors) (131), odontomas (132) y *dens invaginatus* (133) también han sido observados con la CLSM. CCOT son un grupo heterogéneo de lesiones que muestran una variedad de características clínico-patológicas. Estas lesiones se encuentran con frecuencia conteniendo zonas histológicamente idénticas a distintos tipos de tumores odontogénicos, como los

odontomas complejos/compuestos (131). *Dens invaginatus* es una anomalía del desarrollo causado por la invaginación de la superficie de una corona del diente antes de que haya ocurrido la calcificación. La CLSM mostró anomalías estructurales de los tejidos duros entre los *dens invaginatus* y los dientes control, como la diferencia en el diámetro de los prismas del esmalte, en el número y diámetro de los túbulos dentinarios peripulpares y en la superficie y el diámetro de lagunas de los cementocitos (133).

La administración de tetraciclina tiene efectos secundarios dentales, por lo que no debe de suministrarse a los niños. Aun así, este fármaco o sus derivados son frecuentemente prescritos en adultos jóvenes. Al examinar con la CLSM la dentina radicular de un adulto joven afectado por la terapia con tetraciclinas, se encontró que las bandas de tetraciclina se componen de numerosas bandas más pequeñas y que la dentina peritubular no asociada con dichas bandas también había incorporado tetraciclina. Estos resultados confirman que la mineralización de la dentina se ve afectada por el tratamiento sistémico con tetraciclina y que el fármaco se puede incorporar en la dentina peritubular después de la mineralización de la matriz de la dentina primaria (134).

4. 4. Aplicaciones de la CLSM en los análisis microbiológicos.

Las bacterias pueden adherirse a ciertas superficies, *in vitro* e *in vivo*, y multiplicarse en esos lugares, formando una pequeña capa. Dicha colonización bacteriana, que puede ser de tipo puro o mixto, forma una película delgada que se conoce como *biofilm* (135). Se ha descrito que las bacterias capaces de formar el *biofilm* son más resistentes al tratamiento con antibióticos y que son incluso resistentes al ataque inmunológico, lo que sugiere que la formación del *biofilm* puede estar asociado con la virulencia de los microorganismos (136). La formación de *biofilms* en las superficies dentales y materiales restauradores se considera como un factor etiológico en el desarrollo inicial de la caries, mientras que en el campo de la implantología los *biofilms* desempeñan un papel importante en la etiología de la periimplantitis (137). La CLSM permite estudiar muestras biológicas vivas, incluso cuando las muestras son muy delgadas. Además, la estructura tridimensional de los *biofilms* puede ser reconstruida con este método.

Los primeros estudios sobre los *biofilms* con la CLSM fueron realizados por Zaura-Arite y cols. (138), que combinaron la ventaja de la CLSM para visualizar la placa de forma no destructiva con una técnica de tinción vital para evaluar el efecto

bactericida inmediato de la clorhexidina en el *biofilm*, y por Takenaka y cols. (136), quienes estudiaron biofilms artificiales de *Pseudomonas aeruginosa* a las 4, 8, 12 y 24 horas mediante el modo de fluorescencia de la CLSM, para esclarecer la estructura y la función de los *biofilms*.

La CLSM también se ha utilizado para mostrar que la concentración de sacarosa afecta a la resistencia, a la masa total y a la arquitectura del *biofilm* del *Streptococcus mutans* (139). Por tanto, esta técnica se ha empleado para estudiar el *biofilm* natural de forma inalterada. Además, combinado con técnicas de Hibridación in situ Fluorescente (FISH: Fluorescent in situ Hybridisation), permite el análisis simultáneo de la dinámica espacial y temporal de los miembros individuales de las poblaciones microbianas en su hábitat natural (140), Figura I.30.

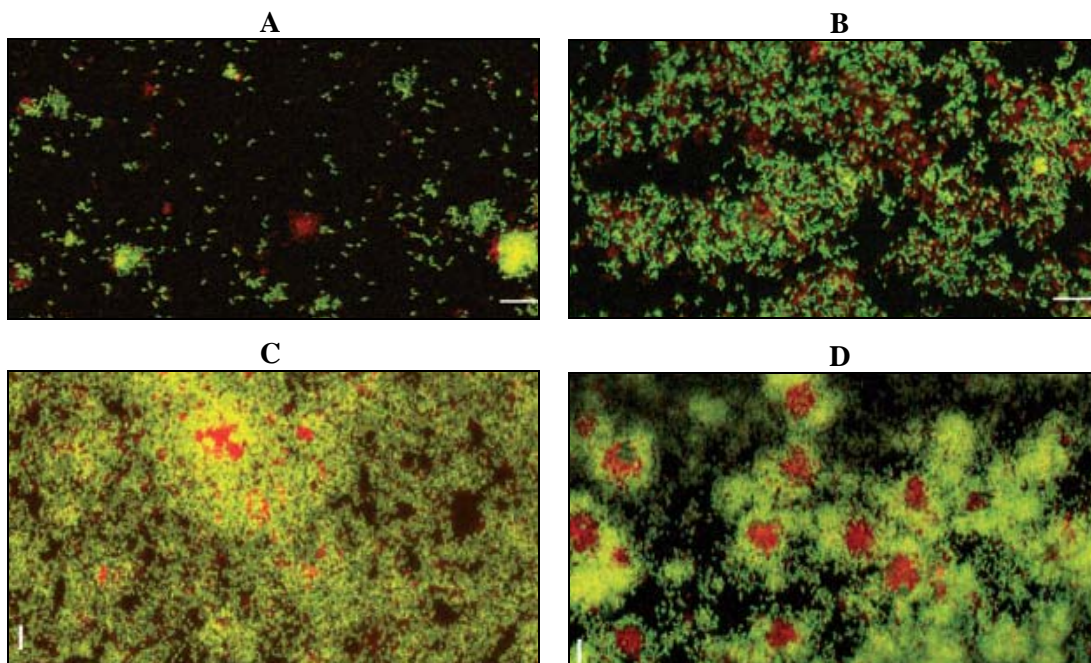


Figura I.30: Imágenes con CLSM de la formación del *biofilm* (140): El amarillo o verde representa a los estreptococos. El rojo representa a las bacterias no estreptocócicas. A) Patrón de colonización bacteriana a las 6 horas. Se observan bacterias aisladas, formando parejas o grupos (Escala: 25 μm). B) Patrón de colonización a las 12 horas. Tanto los estreptococos y los no-estreptococos se observan sobre todo en monocapa. Algunas bacterias se ven como células individuales pero la mayoría de las bacterias se encuentran en parejas o en grupos (Escala: 25 μm). C y D) Patrón de colonización a las 24-48 horas. Se observan microcolonias circulares que consisten principalmente de estreptococos. El centro de las microcolonias consiste en bacterias no estreptocócicas. (Escala: 10 μm)

Además del crecimiento del *biofilm* sobre la superficie del diente (141, 142), también se ha estudiado su formación sobre algunos materiales utilizados en odontología (143, 144) y en las lesiones periapicales de dientes endodonciados asintomáticos (145).

Como ya se ha mencionado, los *biofilms* orales son un factor de iniciación de la caries y de la enfermedad periodontal en dientes e implantes. En el ámbito implantológico, se ha evaluado la influencia de la rugosidad de la superficie de los implantes dentales en la configuración del *biofilm* (146) y el material empleado para su confección (137, 147).

Los estudios recientes basados en la CLSM han analizado métodos para inhibir la formación del *biofilm* sobre la superficie radicular mediante la utilización de clorhexidina (148), Figura I.31, así como diferentes sustancias químicas para la desinfección del canal radicular durante el tratamiento endodóncico (149-154). También se ha estudiado la detención de lesiones de caries, donde se encuentran principalmente bacterias como el *Streptococcus mutans* y el *Lactobacillus acidophilus*, mediante la aplicación de diaminofluoruro de plata (155), enjuagues con cloruro de zinc (156) o la terapia fotodinámica (157). En cuanto a la enfermedad periodontal, se ha evaluado el efecto fototóxico de la luz azul sobre los patógenos periodontales anaerobios, como una alternativa al tratamiento antibiótico en la periodontitis (158).

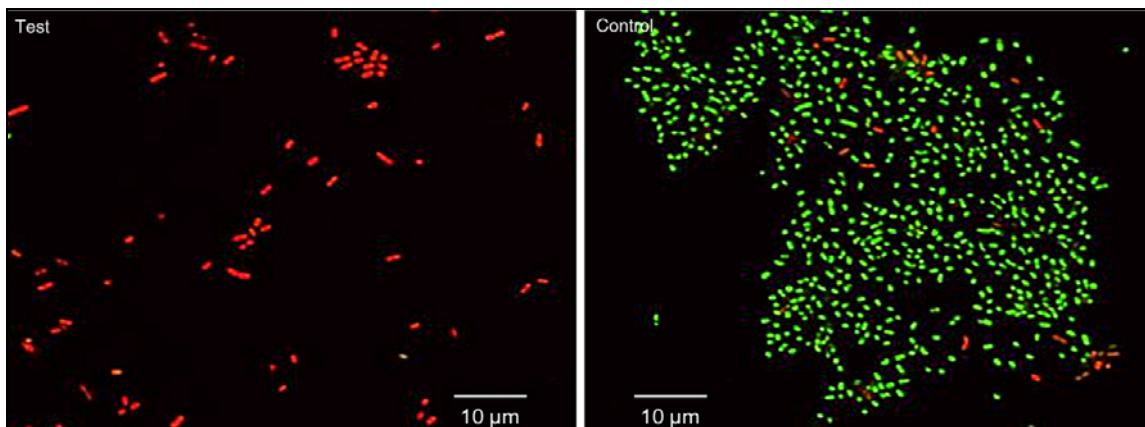


Figura I.31: Imágenes con la CLSM del *biofilm* desarrollado artificialmente sobre la superficie radicular (148). La tinción verde penetra en las bacterias tanto vivas como muertas; y la roja, tiñe únicamente las bacterias que tienen la membrana dañada. Las bacterias muertas dominaron el grupo de prueba (tratado con clorhexidina), mientras que las bacterias vivas con su membrana intacta fueron predominantes en el grupo de control.

Durante el proceso de formación del *biofilm* bacteriano hay diversos sistemas involucrados como sistemas de regulación génica, incluyendo fimbrias, flagelos, polisacáridos, proteínas. Se han llevado a cabo estudios con inhibidores de estos sistemas para saber su efecto sobre la estructura del *biofilm* (159, 160).

Por último, también se ha usado la CLSM para evaluar el efecto de diferentes moléculas antimicrobianas en la configuración del *biofilm* (161-166).

La CLSM es una técnica muy valiosa para estudiar la estructura del *biofilm*, pues permite evaluar no sólo el análisis de la superficie dentaria, proporcionar datos con respecto a las células y la distribución de los residuos, sino también la determinación de la viabilidad bacteriana a través de imágenes y protocolos de tinción en bacterias vivas y muertas. Otra ventaja de esta técnica es la amplia evaluación del *biofilm* intacto, sin la interferencia del procesamiento de la muestra (149).

Finalmente, no sólo se han investigado bacterias, sino que también se ha estudiado la formación de *biofilms* de los hongos (167-169).

4. 5. Aplicaciones de la CLSM en el análisis de los tejidos blandos periodontales.

El ligamento periodontal está formado por células, fibras de tejido conectivo, matriz extracelular, vasos y nervios. Las fibras de oxitalán son un tipo de fibras de tejido conectivo que componen el ligamento periodontal humano. Chantawiboonchai y cols. (170) observaron la distribución tridimensional de este tipo de fibras en el ligamento periodontal de ratones usando la CLSM e intentaron aclarar la relación entre ellas y los vasos sanguíneos. La Figura I.32 muestra a las fibras de oxitalán situadas alrededor e interconectando los vasos sanguíneos.

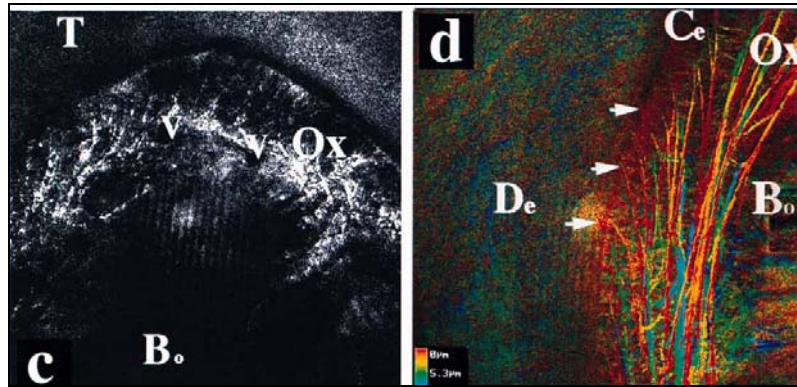


Figura I.32: Imágenes con CLSM que muestra las fibras de oxitalán (170). Las fibras se sitúan alrededor de los vasos sanguíneos (flechas) e interconectando los vasos. Lugares de las muestras: c) tercio apical y d) furca. Ox: fibras de oxitalán; Bo: hueso alveolar; M1: 1^{er} molar; M2: 2^o molar; Ap: ápice; T: diente; Ce: cemento; De: dentina; V: capilar. Escala: 50 μ m.

La reacción de los tejidos periodontales a la estimulación mecánica del diente parece diferir dependiendo de la edad del paciente. Para investigar estas diferencias se estudiaron los cambios en la distribución de las fibras oxitalán en el ligamento periodontal dependiendo de la edad. La CLSM mostró claramente que las fibras de oxitalán en el grupo de edad más avanzada eran relativamente más tortuoso y complejo que en el grupo de control. Esta tortuosidad y complejidad podrían implicar que las fibras de oxitalán en ratones viejos habrían perdido una cantidad considerable de su elasticidad original (171).

Los tejidos blandos periodontales también intervienen en el éxito de los implantes dentales. La interfase entre la porción trasmucosa de la superficie endoósea del implante y el tejido conectivo se caracteriza por una barrera rica en fibroblastos, la cual es muy importante para la estabilidad a largo plazo y el mantenimiento del implante, ya que actúa como una barrera contra el medio ambiente oral evitando la placa dental, las bacterias orales y la infiltración de las células inflamatorias (172). La CLSM permite examinar el comportamiento biológico de las células fibroblásticas a este nivel, al analizar la estructura del citoesqueleto y la localización de la proteína FAK (Focal Adhesion Kinase), Figura I.33. La proteína FAK juega un papel central en la transducción de señales mediada por la integrina.

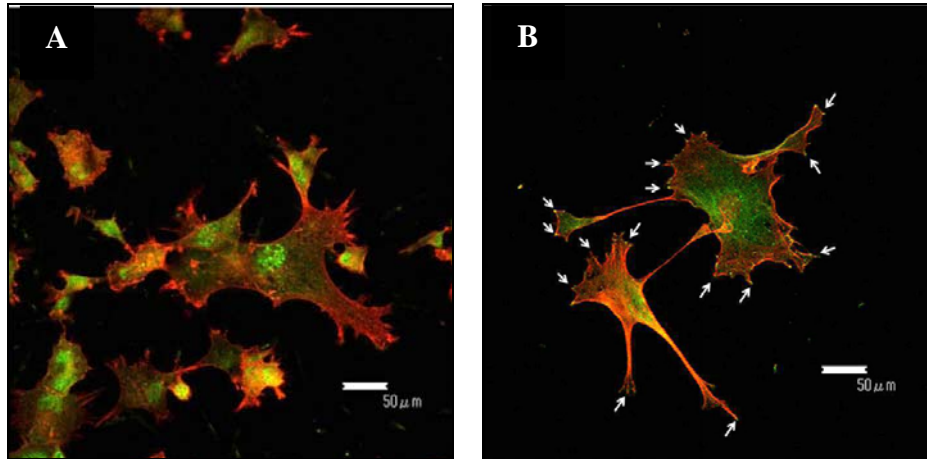


Figura I.33: Imágenes con la CLSM con tinción de la proteína FAK (verde) y de los filamentos de actina (rojo) en los fibroblastos sobre discos de titanio (172). A) Después de 10 horas. B) Después de 72 horas. Las flechas indican varias áreas de tinción FAK-positiva a lo largo de los bordes de la periferia de la célula.

5. JUSTIFICACIÓN

Después de la exodoncia, se produce una remodelación de los tejidos duros y blandos del proceso alveolar que genera cambios en el perfil clínico del alveolo post-extracción. Estos cambios morfológicos también afectan a los tejidos adyacentes de los dientes vecinos a la zona de la exodoncia. La magnitud de estos cambios dimensionales es importante para la toma de decisiones clínicas y la aceptación de un plan de tratamiento integral, con las soluciones necesarias para las posibles complicaciones que puedan aparecer durante la rehabilitación protésica. Además, actualmente se da una mayor importancia a la estética, por lo que un conocimiento del patrón de remodelación y de los cambios morfológicos en el perfil alveolar después de la extracción, mejoraría en gran medida la capacidad funcional y estética de las restauraciones dentales (11).

Uno de los principales problemas en el estudio de los cambios alveolares después de la extracción del diente es la radiación ionizante generada por el análisis radiográfico. Las radiografías convencionales no permiten realizar estudios tridimensionales; mientras que la Tomografía Computadorizada (TC) genera imágenes tridimensionales del hueso alveolar, utilizándose para la planificación de la cirugía de implantes. Sin embargo, la TC produce radiaciones ionizantes, que son perjudiciales para el paciente y, en consecuencia, la TC no se recomienda para el estudio de los cambios morfológicos después de la extracción del diente, pues sería exponer a los pacientes a dosis de radiación repetidas e innecesarias, si no es para la programación de la cirugía de implantes. Por otra parte, la TC no permite un buen estudio de los tejidos blandos alveolares.

En su lugar, la Microscopía Láser Confocal de Barrido (CLSM) permite el análisis de los cambios dimensionales de la zona de extracción en modelos de estudio. Esta técnica permite la visualización de los tejidos blandos de las zonas post-extracción, que no pueden ser recogidos por la TC. Además, la CLSM es una técnica no invasiva, no perjudicial y absolutamente inocua para el paciente.

Por tanto, **la presente Tesis Doctoral pretende introducir una nueva metodología para el análisis de los cambios volumétricos en los perfiles alveolares después de la exodoncia, utilizando una tecnología óptica de precisión completamente segura para el paciente, la Microscopía Láser Confocal de Barrido (CLSM), y aplicar esta técnica en el conocimiento del patrón de remodelación**

alveolar después de la extracción dental, así como en los cambios morfológicos en los tejidos adyacentes de los dientes contiguos al área de la exodoncia.

6. BIBLIOGRAFÍA

- (1) Van der Weijden F, Dell'Acqua F, Slot DE. Alveolar bone dimensional changes of post-extraction sockets in humans: a systematic review. *J Clin Periodontol*. 2009; 36(12): 1048-58.
- (2) Schropp L, Wenzel A, Kostopoulos L, Karring T. Bone healing and soft tissue contour changes following single-tooth extraction: a clinical and radiographic 12-month prospective study. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2003; 23(4): 313-23.
- (3) Bodic F, Hamel L, Lerouxel E, Basle MF, Chappard D. Bone loss and teeth. *Joint Bone Spine*. 2005; 72(3): 215-21.
- (4) Johnson K. A study of the dimensional changes occurring in the maxilla following closed face immediate denture treatment. *Aust Dent J*. 1969; 14(6): 370-6.
- (5) John V, De PR, Blanchard S. Socket preservation as a precursor of future implant placement: review of the literature and case reports. *Compend Contin Educ Dent*. 2007; 28(12): 646-53.
- (6) Pinho MN, Roriz VL, Novaes AB Jr, Taba M Jr, Grisi MF, de Souza SL et al. Titanium membranes in prevention of alveolar collapse after tooth extraction. *Implant Dent*. 2006; 15(1): 53-61.
- (7) Fickl S, Zuhr O, Wachtel H, Bolz W, Huerzeler M. Tissue alterations after tooth extraction with and without surgical trauma: a volumetric study in the beagle dog. *J Clin Periodontol*. 2008; 35(4): 356-63.
- (8) Araujo MG, Lindhe J. Ridge alterations following tooth extraction with and without flap elevation: an experimental study in the dog. *Clin Oral Implants Res*. 2009; 20(6): 545-9.
- (9) Gomez de Ferraris ME, Campos-Muñoz A. *Histología y embriología bucodental*. 2ª ed. Madrid: Médica Panamericana; 2002.
- (10) Lindhe J, Karring T, Araujo M. Anatomía del periodonto. En: Lindhe J, Karring T, Lang NP, editores. *Periodontología clínica e implantología odontológica*. 4ª ed. Buenos Aires: Médica Panamericana; 2005. p. 3-50.
- (11) Tan WL, Wong TL, Wong MC, Lang NP. A systematic review of post-extractional alveolar hard and soft tissue dimensional changes in humans. *Clin Oral Implants Res*. 2012; 23 Suppl 5: 1-21.

- (12) Amler MH. The time sequence of tissue regeneration in human extraction wounds. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1969; 27(3): 309-18.
- (13) Amler MH, Johnson PL, Salman I. Histological and histochemical investigation of human alveolar socket healing in undisturbed extraction wounds. *J Am Dent Assoc.* 1960; 61: 32-44.
- (14) Cardaropoli G, Araujo M, Lindhe J. Dynamics of bone tissue formation in tooth extraction sites. An experimental study in dogs. *J Clin Periodontol.* 2003; 30(9): 809-18.
- (15) Trombelli L, Farina R, Marzola A, Bozzi L, Liljenberg B, Lindhe J. Modeling and remodeling of human extraction sockets. *J Clin Periodontol.* 2008; 35(7): 630-9.
- (16) Devlin H, Sloan P. Early bone healing events in the human extraction socket. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2002; 31(6): 641-5.
- (17) Cardaropoli G, Araujo M, Hayacibara R, Sukekava F, Lindhe J. Healing of extraction sockets and surgically produced - augmented and non-augmented - defects in the alveolar ridge. An experimental study in the dog. *J Clin Periodontol.* 2005; 32(5): 435-40.
- (18) Lin WL, McCulloch CA, Cho MI. Differentiation of periodontal ligament fibroblasts into osteoblasts during socket healing after tooth extraction in the rat. *Anat Rec.* 1994; 240(4): 492-506.
- (19) Atwood DA. Postextraction changes in the adult mandible as illustrated by microradiographs of midsagittal sections and serial cephalometric roentgenograms. *J Prosthet Dent.* 1963; 13(5): 810-24.
- (20) Pietrokovski J, Massler M. Alveolar ridge resorption following tooth extraction. *J Prosthet Dent.* 1967; 17(1): 21-7.
- (21) Kingsmill VJ. Post-extraction remodeling of the adult mandible. *Crit Rev Oral Biol Med.* 1999; 10(3): 384-404.
- (22) Carlsson GE, Persson G. Morphologic changes of the mandible after extraction and wearing of dentures. A longitudinal, clinical, and x-ray cephalometric study covering 5 years. *Odontol Revy.* 1967; 18(1): 27-54.
- (23) Lekovic V, Camargo PM, Klokkevold PR, Weinlaender M, Kenney EB, Dimitrijevic B et al. Preservation of alveolar bone in extraction sockets using bioabsorbable membranes. *J Periodontol.* 1998; 69(9): 1044-9.

- (24) Lekovic V, Kenney EB, Weinlaender M, Han T, Klokkevold P, Nedic M et al. A bone regenerative approach to alveolar ridge maintenance following tooth extraction. Report of 10 cases. *J Periodontol*. 1997; 68(6): 563-70.
- (25) Araujo MG, Lindhe J. Dimensional ridge alterations following tooth extraction. An experimental study in the dog. *J Clin Periodontol*. 2005; 32(2): 212-8.
- (26) Botticelli D, Berglundh T, Lindhe J. Hard-tissue alterations following immediate implant placement in extraction sites. *J Clin Periodontol*. 2004; 31(10): 820-8.
- (27) Lam RV. Contour changes of the alveolar processes following extractions. *J Prosthet Dent*. 1960; 10(1): 25-32.
- (28) Atwood DA. Some clinical factors related to rate of resorption of residual ridges. *J Prosthet Dent*. 1962; 12(3): 441-50.
- (29) Franchi-Miller C, Saffar JL. The 5-lipoxygenase inhibitor BWA4C impairs osteoclastic resorption in a synchronized model of bone remodeling. *Bone*. 1995; 17(2): 185-91.
- (30) García-Herraiz A, Leiva-García R, Silvestre FJ, García-Antón J. Applications of Confocal Laser Scanning Microscopy in Dentistry. Study of the changes of the post-extraction sites. En: Mendez-Vilas A, editor. *Current Microscopy Contributions to Advances in Science and Technology*. Formatex Research Center; 2012. p. 569-81.
- (31) Leiva-García R, García-Antón J, Muñoz Portero MJ. Application of Confocal Laser Scanning Microscopy to the In-situ and Ex-situ study of the Corrosion Processes. En: Wang CC, editor. *Laser Scanning, Theory and Applications*. InTech; 2011. p. 431-48.
- (32) Martínez A. *Microscopía Láser Confocal*. En: Martínez J, editor. *Microscopía y Análisis de imagen en Biología*. 1ª ed. Oviedo: Universidad de Oviedo; 2008. p. 135-52.
- (33) Claxton N, Fellers T, Davidson M. *Laser scanning confocal microscopy*. 2013.
- (34) Amos WB, White JG. How the confocal laser scanning microscope entered biological research. *Biol Cell*. 2003; 95(6): 335-42.
- (35) Kreft M, Milisav I, Potokar M, Zorec R. Automated high through-put colocalization analysis of multichannel confocal images. *Comput Methods Programs Biomed*. 2004; 74(1): 63-7.
- (36) Muck T, Lozo B, Otahalova L, Drzkova M, Kaplanova M. Non-destructive methods in the study of IJ ink — substrate interaction. 2005 Sep 4; 2005.

- (37) Lozo B, Vyörykkä J, Vuorinen T, Muck T. Nondestructive microscopic and spectroscopic methods for depth profiling of ink jet prints. *J Imaging Sci Technol.* 2006; 50(4): 333-40.
- (38) Dill-Langer G, Lütze S, Aicher S. Microfracture in wood monitored by confocal laser scanning microscopy. *Wood Sci Technol.* 2004; 36(6): 487-99.
- (39) Becker J, Grousson S, Jourlin M. Surface state analysis by means of confocal microscopy. *Cem Con Compos.* 2001; 23: 255-9.
- (40) Kurtis E, El-Ashkar N, Collins C, Naik N. Examining cement-based materials by laser scanning confocal microscopy. *Cem Con Compos.* 2003; 25: 695-701.
- (41) Collins C, Ideker H, Kurtis E. Laser scanning confocal microscopy for in situ monitoring of alkali-silica reaction. *J Microsc.* 2004; 213(2): 149-57.
- (42) Sung L, Nadal M, Stutzman P, McKnight M. Characterization of coating microstructure using laser scanning confocal microscopy. 2000 Apr 20; 2000.
- (43) Leiva-García R, García-Antón J, Muñoz Portero MJ. Contribution to the elucidation of corrosion initiation through confocal laser scanning microscopy. *Corros Sci.* 2010; 52(6): 2133-42.
- (44) Watson TF. Applications of confocal scanning optical microscopy to dentistry. *Br Dent J.* 1991; 171(9): 287-91.
- (45) Piattelli A, Trisi P, Passi P, Piattelli M, Cordioli GP. Histochemical and confocal laser scanning microscopy study of the bone-titanium interface: an experimental study in rabbits. *Biomaterials.* 1994; 15(3): 194-200.
- (46) Kabasawa M, Ejiri S, Hanada K, Ozawa H. Histological observations of dental tissues using the confocal laser scanning microscope. *Biotech Histochem.* 1995; 70(2): 66-9.
- (47) Pioch T, Sorg T, Stadler R, Hagge M, Dorfer CE. Resin penetration through submicrometer hiatus structures: a SEM and CLSM study. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2004; 71(2): 238-43.
- (48) Nakabayashi N, Nakamura M, Yasuda N. Hybrid layer as a dentin-bonding mechanism. *J Esthet Dent.* 1991; 3(4): 133-8.
- (49) Feitosa VP, Sauro S, Watson TF, Correr AB, Osorio R, Toledano M et al. Evaluation of the micro-mechanical strength of resin bonded-dentin interfaces submitted to short-term degradation strategies. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2012; 15: 112-20.

- (50) Sauro S, Osorio R, Watson TF, Toledano M. Assessment of the quality of resin-dentin bonded interfaces: an AFM nano-indentation, muTBS and confocal ultramorphology study. *Dent Mater.* 2012; 28(6): 622-31.
- (51) Atmeh AR, Chong EZ, Richard G, Festy F, Watson TF. Dentin-cement interfacial interaction: calcium silicates and polyalkenoates. *J Dent Res.* 2012; 91(5): 454-9.
- (52) de Oliveira MT, Arrais CA, Aranha AC, de Paula EC, Miyake K, Rueggeberg FA et al. Micromorphology of resin-dentin interfaces using one-bottle etch&rins and self-etching adhesive systems on laser-treated dentin surfaces: a confocal laser scanning microscope analysis. *Lasers Surg Med.* 2010; 42(7): 662-70.
- (53) Ding PG, Matzer AR, Wolff D, Mente J, Pioch T, Staehle HJ et al. Relationship between microtensile bond strength and submicron hiatus at the composite-dentin interface using CLSM visualization technique. *Dent Mater.* 2010; 26(3): 257-63.
- (54) Pioch T, Sorg T, Stadler R, Hagge M, Dorfer CE. Resin penetration through submicrometer hiatus structures: a SEM and CLSM study. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2004; 71(2): 238-43.
- (55) Pioch T, Staehle HJ, Wurst M, Duschner H, Dorfer C. The nanoleakage phenomenon: influence of moist vs dry bonding. *J Adhes Dent.* 2002; 4(1): 23-30.
- (56) Pioch T, Staehle HJ, Schneider H, Duschner H, Dorfer CE. Effect of intrapulpal pressure simulation in vitro on shear bond strengths and hybrid layer formation. *Am J Dent.* 2001; 14(5): 319-23.
- (57) Pioch T, Kobaslija S, Schagen B, Gotz H. Interfacial micromorphology and tensile bond strength of dentin bonding systems after NaOCl treatment. *J Adhes Dent.* 1999; 1(2): 135-42.
- (58) Pioch T, Stotz S, Buff E, Duschner H, Staehle HJ. Influence of different etching times on hybrid layer formation and tensile bond strength. *Am J Dent.* 1998; 11(5): 202-6.
- (59) Toledano M, Sauro S, Cabello I, Watson T, Osorio R. A Zn-doped etch-and-rinse adhesive may improve the mechanical properties and the integrity at the bonded-dentin interface. *Dent Mater.* 2013; 29(8): 142-152.

- (60) Profeta AC, Mannocci F, Foxton RM, Thompson I, Watson TF, Sauro S. Bioactive effects of a calcium/sodium phosphosilicate on the resin-dentine interface: a microtensile bond strength, scanning electron microscopy, and confocal microscopy study. *Eur J Oral Sci.* 2012; 120(4): 353-62.
- (61) Pioch T, Stotz S, Staehle HJ, Duschner H. Applications of confocal laser scanning microscopy to dental bonding. *Adv Dent Res.* 1997; 11(4): 453-61.
- (62) Kok D, Hungaro Duarte MA, Abreu Da RR, Wagner MH, Pereira JR, So MV. Evaluation of epoxy resin sealer after three root canal filling techniques by confocal laser scanning microscopy. *Microsc Res Tech.* 2012; 75(9): 1277-80.
- (63) De-Deus G, Reis C, Di GK, Brandao MC, Audi C, Fidel RA. Interfacial adaptation of the Epiphany self-adhesive sealer to root dentin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2011; 111(3): 381-6.
- (64) Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Bernardineli N, Graeff MS, Garcia RB, de Moraes IG et al. A preliminary study of the percentage of sealer penetration in roots obturated with the Thermafil and RealSeal-1 obturation techniques in mesial root canals of mandibular molars. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009; 108(6): 961-8.
- (65) Bitter K, Paris S, Mueller J, Neumann K, Kielbassa AM. Correlation of scanning electron and confocal laser scanning microscopic analyses for visualization of dentin/adhesive interfaces in the root canal. *J Adhes Dent.* 2009; 11(1): 7-14.
- (66) Nazari A, Shimada Y, Sadr A, Tagami J. Pre-etching vs. grinding in promotion of adhesion to intact enamel using self-etch adhesives. *Dent Mater J.* 2012; 31(3): 394-400.
- (67) Kim J, Mai S, Carrilho MR, Yiu CK, Pashley DH, Tay FR. An all-in-one adhesive does not etch beyond hybrid layers. *J Dent Res.* 2010; 89(5): 482-7.
- (68) Shimada Y, Iwamoto N, Kawashima M, Burrow MF, Tagami J. Shear bond strength of current adhesive systems to enamel, dentin and dentin-enamel junction region. *Oper Dent.* 2003; 28(5): 585-90.
- (69) Pioch T, Jakob H, Garcia-Godoy F, Gotz H, Dorfer CE, Staehle HJ. Surface characteristics of dentin experimentally exposed to hydrofluoric acid. *Eur J Oral Sci.* 2003; 111(4): 359-64.
- (70) Zentner A, Duschner H. Structural changes of acid etched enamel examined under confocal laser scanning microscope. *J Orofac Orthop.* 1996; 57(4): 202-9.

- (71) Brauchli LM, Baumgartner EM, Ball J, Wichelhaus A. Roughness of enamel surfaces after different bonding and debonding procedures : An in vitro study. *J Orofac Orthop.* 2011; 72(1): 61-7.
- (72) Schmidlin PR, Zehnder M, Pasqualetti T, Imfeld T, Besek MJ. Penetration of a bonding agent into De- and remineralized enamel in vitro. *J Adhes Dent.* 2004; 6(2): 111-5.
- (73) Celiberti P, Lussi A. Use of a self-etching adhesive on previously etched intact enamel and its effect on sealant microleakage and tag formation. *J Dent.* 2005; 33(2): 163-71.
- (74) Gotz H, Duschner H, White DJ, Klukowska MA. Effects of elevated hydrogen peroxide 'strip' bleaching on surface and subsurface enamel including subsurface histomorphology, micro-chemical composition and fluorescence changes. *J Dent.* 2007; 35(6): 457-66.
- (75) Gotz H, Klukowska MA, Duschner H, White DJ. Physical, morphological, and micro-Raman chemical studies on bleaching strip effects on enamel, coronal dentin, and root dentin. *J Clin Dent.* 2007; 18(4): 112-9.
- (76) Duschner H, Gotz H, White DJ, Kozak KM, Zoladz JR. Effects of hydrogen peroxide bleaching strips on tooth surface color, surface microhardness, surface and subsurface ultrastructure, and microchemical (Raman spectroscopic) composition. *J Clin Dent.* 2006; 17(3): 72-8.
- (77) White DJ, Kozak KM, Zoladz JR, Duschner HJ, Goetz H. Impact of Crest Night Effects bleaching gel on dental enamel, dentin and key restorative materials. In vitro studies. *Am J Dent.* 2003; 16 Spec No: 22B-7B.
- (78) White DJ, Kozak KM, Zoladz JR, Duschner H, Gotz H. Peroxide interactions with hard tissues: effects on surface hardness and surface/subsurface ultrastructural properties. *Compend Contin Educ Dent.* 2002; 23(1A): 42-8.
- (79) White DJ, Kozak KM, Zoladz JR, Duschner HJ, Gotz H. Effects of tooth-whitening gels on enamel and dentin ultrastructure--a confocal laser scanning microscopy pilot study. *Compend Contin Educ Dent Suppl.* 2000;(29): S29-S34.
- (80) Berger SB, Pavan S, Dos Santos PH, Giannini M, Bedran-Russo AK. Effect of bleaching on sound enamel and with early artificial caries lesions using confocal laser microscopy. *Braz Dent J.* 2012; 23(2): 110-5.
- (81) Al-Qunaian TA. The effect of whitening agents on caries susceptibility of human enamel. *Oper Dent.* 2005; 30(2): 265-70.

- (82) Yamada MK, Watari F. Imaging and non-contact profile analysis of Nd:YAG laser-irradiated teeth by scanning electron microscopy and confocal laser scanning microscopy. *Dent Mater J.* 2003; 22(4): 556-68.
- (83) Ebihara A, Majaron B, Liaw LH, Krasieva TB, Wilder-Smith P. Er:YAG laser modification of root canal dentine: influence of pulse duration, repetitive irradiation and water spray. *Lasers Med Sci.* 2002; 17(3): 198-207.
- (84) Watari F. Compositional and morphological imaging of CO₂ laser irradiated human teeth by low vacuum SEM, confocal laser scanning microscopy and atomic force microscopy. *J Mater Sci Mater Med.* 2001; 12(3): 189-94.
- (85) Kimura Y, Takahashi-Sakai K, Wilder-Smith P, Krasieva TB, Liaw LH, Matsumoto K. Morphological study of the effects of CO₂ laser emitted at 9.3 microm on human dentin. *J Clin Laser Med Surg.* 2000; 18(4): 197-202.
- (86) Lavender SA, Petrou I, Heu R, Stranick MA, Cummins D, Kilpatrick-Liverman L et al. Mode of action studies on a new desensitizing dentifrice containing 8.0% arginine, a high cleaning calcium carbonate system and 1450 ppm fluoride. *Am J Dent.* 2010; 23 Spec No A: 14A-9A.
- (87) Lavender SA, Petrou I, Heu R, Stranick MA, Cummins D, Kilpatrick-Liverman L et al. Mode of action studies on a new desensitizing dentifrice containing 8.0% arginine, a high cleaning calcium carbonate system and 1450 ppm fluoride. *Am J Dent.* 2010; 23 Spec No A: 14A-9A.
- (88) Kim HE, Kwon HK, Kim BI. Application of fluoride iontophoresis to improve remineralization. *J Oral Rehabil.* 2009; 36(10): 770-5.
- (89) Celiberti P, Francescut P, Lussi A. Performance of four dentine excavation methods in deciduous teeth. *Caries Res.* 2006; 40(2): 117-23.
- (90) Weiland F. Constant versus dissipating forces in orthodontics: the effect on initial tooth movement and root resorption. *Eur J Orthod.* 2003; 25(4): 335-42.
- (91) Min JH, Kwon HK, Kim BI. The addition of nano-sized hydroxyapatite to a sports drink to inhibit dental erosion: in vitro study using bovine enamel. *J Dent.* 2011; 39(9): 629-35.
- (92) Heurich E, Beyer M, Jandt KD, Reichert J, Herold V, Schnabelrauch M et al. Quantification of dental erosion--a comparison of stylus profilometry and confocal laser scanning microscopy (CLSM). *Dent Mater.* 2010; 26(4): 326-36.

- (93) Kasaj A, Klein MO, Dupont J, Willershausen B, Krahn U, Gotz H et al. Early root surface colonization by human periodontal ligament fibroblasts following treatment with different biomaterials. *Acta Odontol Scand.* 2013.
- (94) Belli R, Rahiotis C, Schubert EW, Baratieri LN, Petschelt A, Lohbauer U. Wear and morphology of infiltrated white spot lesions. *J Dent.* 2011; 39(5): 376-85.
- (95) Belli R, Pelka M, Petschelt A, Lohbauer U. In vitro wear gap formation of self-adhesive resin cements: a CLSM evaluation. *J Dent.* 2009; 37(12): 984-93.
- (96) Lohbauer U, Kramer N, Siedschlag G, Schubert EW, Lauerer B, Muller FA et al. Strength and wear resistance of a dental glass-ionomer cement with a novel nanofilled resin coating. *Am J Dent.* 2011; 24(2): 124-8.
- (97) Etman MK. Confocal examination of subsurface cracking in ceramic materials. *J Prosthodont.* 2009; 18(7): 550-9.
- (98) Frankenberger R, Lohbauer U, Tay FR, Taschner M, Nikolaenko SA. The effect of different air-polishing powders on dentin bonding. *J Adhes Dent.* 2007; 9(4): 381-9.
- (99) de Carvalho FG, de Fucio SB, Sinhoretí MA, Correr-Sobrinho L, Puppini-Rontani RM. Confocal laser scanning microscopic analysis of the depth of dentin caries-like lesions in primary and permanent teeth. *Braz Dent J.* 2008; 19(2): 139-44.
- (100) Saini R, Azmi AS, Ghani NB, Al-Salihi KA. Microscopic features of enamel and dentinal caries under confocal laser scanning microscopy (CLSM) and image analyzer: preliminary experimental study. *Med J Malaysia.* 2007; 62(3): 238-40.
- (101) Okuda M, Pereira PN, Nikaido T, Tagami J. Evaluation of in vitro secondary caries using confocal laser scanning microscope and X-ray analytical microscope. *Am J Dent.* 2003; 16(3): 191-6.
- (102) Banerjee A, Boyde A. Autofluorescence and mineral content of carious dentine: scanning optical and backscattered electron microscopic studies. *Caries Res.* 1998; 32(3): 219-26.
- (103) Gonzalez-Cabezas C, Fontana M, Dunipace AJ, Li Y, Fischer GM, Proskin HM et al. Measurement of enamel remineralization using microradiography and confocal microscopy. A correlational study. *Caries Res.* 1998; 32(5): 385-92.
- (104) Sonju Clasen AB, Ogaard B, Duschner H, Ruben J, Arends J, Sonju T. Caries development in fluoridated and non-fluoridated deciduous and permanent

- enamel in situ examined by microradiography and confocal laser scanning microscopy. *Adv Dent Res.* 1997; 11(4): 442-7.
- (105) de Carvalho FG, Puppin-Rontani RM, Soares LE, Santo AM, Martin AA, Nociti-Junior FH. Mineral distribution and CLSM analysis of secondary caries inhibition by fluoride/MDPB-containing adhesive system after cariogenic challenges. *J Dent.* 2009; 37(4): 307-14.
- (106) Tajima K, Nikaido T, Inoue G, Ikeda M, Tagami J. Effects of coating root dentin surfaces with adhesive materials. *Dent Mater J.* 2009; 28(5): 578-86.
- (107) Mueller J, Meyer-Lueckel H, Paris S, Hopfenmuller W, Kielbassa AM. Inhibition of lesion progression by the penetration of resins in vitro: influence of the application procedure. *Oper Dent.* 2006; 31(3): 338-45.
- (108) Paris S, Meyer-Lueckel H, Mueller J, Hummel M, Kielbassa AM. Progression of sealed initial bovine enamel lesions under demineralizing conditions in vitro. *Caries Res.* 2006; 40(2): 124-9.
- (109) Umino A, Nikaido T, Tsuchiya S, Foxton RM, Tagami J. Confocal laser scanning microscopic observations of secondary caries inhibition around different types of luting cements. *Am J Dent.* 2005; 18(4): 245-50.
- (110) Czochrowska E, Ogaard B, Duschner H, Ruben J, Arends J. Cariostatic effect of a light-cured, resin-reinforced glass-ionomer for bonding orthodontic brackets in vivo. A combined study using microradiography and confocal laser scanning microscopy. *J Orofac Orthop.* 1998; 59(5): 265-73.
- (111) Ogaard B, Duschner H, Ruben J, Arends J. Microradiography and confocal laser scanning microscopy applied to enamel lesions formed in vivo with and without fluoride varnish treatment. *Eur J Oral Sci.* 1996; 104(4 (Pt 1)): 378-83.
- (112) Buyukyilmaz T, Ogaard B, Duschner H, Ruben J, Arends J. The caries-preventive effect of titanium tetrafluoride on root surfaces in situ as evaluated by microradiography and confocal laser scanning microscopy. *Adv Dent Res.* 1997; 11(4): 448-52.
- (113) Yagishita H, Iwatsubo S, Aoba T. Confocal laser scanning microscopic studies on alveolar bone remodeling with orthodontic tooth movement and retention. *Scanning Microsc.* 1995; 9(3): 781-8.
- (114) Pilolli GP, Lucchese A, Maiorano E, Favia G. New approach for static bone histomorphometry: confocal laser scanning microscopy of maxillo-facial normal bone. *Ultrastruct Pathol.* 2008; 32(5): 189-92.

- (115) Favia G, Pilolli GP, Maiorano E. Histologic and histomorphometric features of bisphosphonate-related osteonecrosis of the jaws: an analysis of 31 cases with confocal laser scanning microscopy. *Bone*. 2009; 45(3): 406-13.
- (116) Suzuki K, Aoki K, Ohya K. Effects of surface roughness of titanium implants on bone remodeling activity of femur in rabbits. *Bone*. 1997; 21(6): 507-14.
- (117) Iyama S, Takeshita F, Ayukawa Y, Kido MA, Suetsugu T, Tanaka T. A study of the regional distribution of bone formed around hydroxyapatite implants in the tibiae of streptozotocin-induced diabetic rats using multiple fluorescent labeling and confocal laser scanning microscopy. *J Periodontol*. 1997; 68(12): 1169-75.
- (118) Takeshita F, Iyama S, Ayukawa Y, Suetsugu T, Oishi M. Abscess formation around a hydroxyapatite-coated implant placed into the extraction socket with autogenous bone graft. A histological study using light microscopy, image processing, and confocal laser scanning microscopy. *J Periodontol*. 1997; 68(3): 299-305.
- (119) Traini T, Degidi M, Iezzi G, Artese L, Piattelli A. Comparative evaluation of the peri-implant bone tissue mineral density around unloaded titanium dental implants. *J Dent*. 2007; 35(1): 84-92.
- (120) Nishikawa T, Masuno K, Mori M, Tajime Y, Kakudo K, Tanaka A. Calcification at the interface between titanium implants and bone: observation with confocal laser scanning microscopy. *J Oral Implantol*. 2006; 32(5): 211-7.
- (121) Baschong W, Suetterlin R, Hefti A, Schiel H. Confocal laser scanning microscopy and scanning electron microscopy of tissue Ti-implant interfaces. *Micron*. 2001; 32(1): 33-41.
- (122) Hollstein S, Hoffmann E, Vogel J, Heyroth F, Prochnow N, Maurer P. Micromorphometrical analyses of five different ultrasonic osteotomy devices at the rabbit skull. *Clin Oral Implants Res*. 2012; 23(6): 713-8.
- (123) Lucchese A, Pilolli GP, Petruzzi M, Crincoli V, Scivetti M, Favia G. Analysis of collagen distribution in human crown dentin by confocal laser scanning microscopy. *Ultrastruct Pathol*. 2008; 32(3): 107-11.
- (124) Girija V, Stephen HC. Characterization of lipid in mature enamel using confocal laser scanning microscopy. *J Dent*. 2003; 31(5): 303-11.
- (125) Radlanski RJ, Renz H, Willersinn U, Cordis CA, Duschner H. Outline and arrangement of enamel rods in human deciduous and permanent enamel. 3D-

- reconstructions obtained from CLSM and SEM images based on serial ground sections. *Eur J Oral Sci.* 2001; 109(6): 409-14.
- (126) Scivetti M, Pilolli GP, Corsalini M, Lucchese A, Favia G. Confocal laser scanning microscopy of human cementocytes: analysis of three-dimensional image reconstruction. *Ann Anat.* 2007; 189(2): 169-74.
- (127) Kagayama M, Sasano Y, Mizoguchi I, Takahashi I. Confocal microscopy of cementocytes and their lacunae and canaliculi in rat molars. *Anat Embryol (Berl).* 1997; 195(6): 491-6.
- (128) Goracci G, Mori G, Marci F, Baldi M. Extent of the odontoblastic process. Analysis by SEM and confocal microscopy. *Minerva Stomatol.* 1999; 48(1-2): 1-8.
- (129) Grotz KA, Duschner H, Reichert TE, de Aguiar EG, Gotz H, Wagner W. Histotomography of the odontoblast processes at the dentine-enamel junction of permanent healthy human teeth in the confocal laser scanning microscope. *Clin Oral Investig.* 1998; 2(1): 21-5.
- (130) Ogita Y, Iwai-Liao Y, Higashi Y. A histological study of the organic elements in the human enamel focusing on the extent of the odontoblast process. *Okajimas Folia Anat Jpn.* 1998; 74(6): 317-27.
- (131) Lucchese A, Petruzzi M, Scivetti M, Pilolli GP, Di Bisceglie MB, Crincoli V et al. Calcifying odontogenic cysts associated with odontomas: confocal laser scanning microscopy analysis of 13 cases. *Ultrastruct Pathol.* 2011; 35(3): 146-50.
- (132) Crincoli V, Scivetti M, Di Bisceglie MB, Lucchese A, Favia G. Odontoma: retrospective study and confocal laser scanning microscope analysis of 52 cases. *Minerva Stomatol.* 2007; 56(11-12): 611-20.
- (133) Crincoli V, Di Bisceglie MB, Scivetti M, Favia A, Di CM. Dens invaginatus: a qualitative-quantitative analysis. Case report of an upper second molar. *Ultrastruct Pathol.* 2010; 34(1): 7-15.
- (134) Love RM, Chandler NP. A scanning electron and confocal laser microscope investigation of tetracycline-affected human dentine. *Int Endod J.* 1996; 29(6): 376-81.
- (135) Costerton JW, Cheng KJ, Geesey GG, Ladd TI, Nickel JC, Dasgupta M et al. Bacterial biofilms in nature and disease. *Annu Rev Microbiol.* 1987; 41: 435-64.

- (136) Takenaka S, Iwaku M, Hoshino E. Artificial *Pseudomonas aeruginosa* biofilms and confocal laser scanning microscopic analysis. *J Infect Chemother*. 2001; 7(2): 87-93.
- (137) Al-Ahmad A, Wiedmann-Al-Ahmad M, Fackler A, Follo M, Hellwig E, Bachle M et al. In vivo study of the initial bacterial adhesion on different implant materials. *Arch Oral Biol*. 2013; 58(9): 1139-47.
- (138) Zaura-Arite E, van MJ, ten Cate JM. Confocal microscopy study of undisturbed and chlorhexidine-treated dental biofilm. *J Dent Res*. 2001; 80(5): 1436-40.
- (139) Kreth J, Hagerman E, Tam K, Merritt J, Wong DT, Wu BM et al. Quantitative analyses of *Streptococcus mutans* biofilms with quartz crystal microbalance, microjet impingement and confocal microscopy. *Biofilms*. 2004; 1(4): 277-84.
- (140) Dige I, Nilsson H, Kilian M, Nyvad B. In situ identification of streptococci and other bacteria in initial dental biofilm by confocal laser scanning microscopy and fluorescence in situ hybridization. *Eur J Oral Sci*. 2007; 115(6): 459-67.
- (141) Jung DJ, Al-Ahmad A, Follo M, Spitzmuller B, Hoth-Hannig W, Hannig M et al. Visualization of initial bacterial colonization on dentine and enamel in situ. *J Microbiol Methods*. 2010; 81(2): 166-74.
- (142) Lazar V, Chifiriuc MC, Bucur M, Burlibasa M, Sfeatcu R, Stanciu G et al. Investigation of dental-plaque formers biofilms by optic and confocal laser scanning microscopy and microbiological tools. *Rev Med Chir Soc Med Nat Iasi*. 2008; 112(3): 812-20.
- (143) Senges C, Wrbas KT, Altenburger M, Follo M, Spitzmuller B, Wittmer A et al. Bacterial and *Candida albicans* adhesion on different root canal filling materials and sealers. *J Endod*. 2011; 37(9): 1247-52.
- (144) Brentel AS, Kantorski KZ, Valandro LF, Fucio SB, Puppini-Rontani RM, Bottino MA. Confocal laser microscopic analysis of biofilm on newer feldspar ceramic. *Oper Dent*. 2011; 36(1): 43-51.
- (145) Sunde PT, Olsen I, Gobel UB, Theegarten D, Winter S, Debelian GJ et al. Fluorescence in situ hybridization (FISH) for direct visualization of bacteria in periapical lesions of asymptomatic root-filled teeth. *Microbiology*. 2003; 149(Pt 5): 1095-102.

- (146) Caous JS, Lovenklev M, Faldt J, Langton M. Adhesion of *Streptococcus mitis* and *Actinomyces oris* in co-culture to machined and anodized titanium surfaces as affected by atmosphere and pH. *BMC Oral Health*. 2013; 13: 4.
- (147) Al-Ahmad A, Wiedmann-Al-Ahmad M, Faust J, Bachle M, Follo M, Wolkewitz M et al. Biofilm formation and composition on different implant materials in vivo. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2010; 95(1): 101-9.
- (148) Mei ML, Chu CH, Lo EC, Samaranayake LP. Preventing root caries development under oral biofilm challenge in an artificial mouth. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2013; 18(4): e557-e563.
- (149) Hohscheidt GL, Bottcher DE, Fatturi Parolo CC, Montagner F, Grecca FS. Response of *E. faecalis* biofilms to different associations of auxiliary substances during root canal preparation: a confocal laser microscopy analysis. *Microsc Res Tech*. 2013; 76(6): 658-62.
- (150) Chen X, Li P, Wang X, Gu M, Zhao C, Sloan AJ et al. Ex vivo antimicrobial efficacy of strong acid electrolytic water against *Enterococcus faecalis* biofilm. *Int Endod J*. 2013.
- (151) Aziz A, Chandler NP, Hauman CH, Leichter JW, McNaughton A, Tompkins GR. Infection of apical dentin and root-end cavity disinfection. *J Endod*. 2012; 38(10): 1387-90.
- (152) Wang Z, Shen Y, Ma J, Haapasalo M. The effect of detergents on the antibacterial activity of disinfecting solutions in dentin. *J Endod*. 2012; 38(7): 948-53.
- (153) van der Waal SV, van der Sluis LW, Ozok AR, Exterkate RA, van MJ, Wesselink PR et al. The effects of hyperosmosis or high pH on a dual-species biofilm of *Enterococcus faecalis* and *Pseudomonas aeruginosa*: an in vitro study. *Int Endod J*. 2011; 44(12): 1110-7.
- (154) Ma J, Wang Z, Shen Y, Haapasalo M. A new noninvasive model to study the effectiveness of dentin disinfection by using confocal laser scanning microscopy. *J Endod*. 2011; 37(10): 1380-5.
- (155) Mei ML, Chu CH, Low KH, Che CM, Lo EC. Caries arresting effect of silver diamine fluoride on dentine carious lesion with *S. mutans* and *L. acidophilus* dual-species cariogenic biofilm. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2013.
- (156) Gu H, Fan D, Gao J, Zou W, Peng Z, Zhao Z et al. Effect of ZnCl₂ on plaque growth and biofilm vitality. *Arch Oral Biol*. 2012; 57(4): 369-75.

- (157) Lee YH, Park HW, Lee JH, Seo HW, Lee SY. The photodynamic therapy on *Streptococcus mutans* biofilms using erythrosine and dental halogen curing unit. *Int J Oral Sci.* 2012; 4(4): 196-201.
- (158) Song HH, Lee JK, Um HS, Chang BS, Lee SY, Lee MK. Phototoxic effect of blue light on the planktonic and biofilm state of anaerobic periodontal pathogens. *J Periodontal Implant Sci.* 2013; 43(2): 72-8.
- (159) He Z, Wang Q, Hu Y, Liang J, Jiang Y, Ma R et al. Use of the quorum sensing inhibitor furanone C-30 to interfere with biofilm formation by *Streptococcus mutans* and its luxS mutant strain. *Int J Antimicrob Agents.* 2012; 40(1): 30-5.
- (160) Asahi Y, Noiri Y, Igarashi J, Suga H, Azakami H, Ebisu S. Synergistic effects of antibiotics and an N-acyl homoserine lactone analog on *Porphyromonas gingivalis* biofilms. *J Appl Microbiol.* 2012; 112(2): 404-11.
- (161) Wang W, Tao R, Tong Z, Ding Y, Kuang R, Zhai S et al. Effect of a novel antimicrobial peptide chrysopsin-1 on oral pathogens and *Streptococcus mutans* biofilms. *Peptides.* 2012; 33(2): 212-9.
- (162) Tao R, Tong Z, Lin Y, Xue Y, Wang W, Kuang R et al. Antimicrobial and antibiofilm activity of pleurocidin against cariogenic microorganisms. *Peptides.* 2011; 32(8): 1748-54.
- (163) Erdem AP, Sepet E, Avshalom T, Gutkin V, Steinberg D. Effect of CPP-ACP and APF on *Streptococcus mutans* biofilm: A laboratory study. *Am J Dent.* 2011; 24(2): 119-23.
- (164) Chen Y, Wong RW, Seneviratne CJ, Hagg U, McGrath C, Samaranayake LP et al. The antimicrobial efficacy of *Fructus mume* extract on orthodontic bracket: a monospecies-biofilm model study in vitro. *Arch Oral Biol.* 2011; 56(1): 16-21.
- (165) Upadya MH, Kishen A. Influence of bacterial growth modes on the susceptibility to light-activated disinfection. *Int Endod J.* 2010; 43(11): 978-87.
- (166) Badet C, Furiga A, Thebaud N. Effect of xylitol on an in vitro model of oral biofilm. *Oral Health Prev Dent.* 2008; 6(4): 337-41.
- (167) Ning Y, Hu X, Ling J, Du Y, Liu J, Liu H et al. *Candida albicans* survival and biofilm formation under starvation conditions. *Int Endod J.* 2013; 46(1): 62-70.
- (168) Yu LH, Wei X, Ma M, Chen XJ, Xu SB. Possible inhibitory molecular mechanism of farnesol on the development of fluconazole resistance in *Candida albicans* biofilm. *Antimicrob Agents Chemother.* 2012; 56(2): 770-5.

- (169) Zhou L, Tong Z, Wu G, Feng Z, Bai S, Dong Y et al. Parylene coating hinders *Candida albicans* adhesion to silicone elastomers and denture bases resin. *Arch Oral Biol.* 2010; 55(6): 401-9.
- (170) Chantawiboonchai P, Warita H, Ohya K, Soma K. Confocal laser scanning-microscopic observations on the three-dimensional distribution of oxytalan fibres in mouse periodontal ligament. *Arch Oral Biol.* 1998; 43(10): 811-7.
- (171) Chantawiboonchai P, Iida J, Soma K. Effects of aging on oxytalan fibre in mouse periodontal ligament. *J Med Dent Sci.* 1999; 46(2): 75-82.
- (172) Miura S, Takebe J. Biological behavior of fibroblast-like cells cultured on anodized-hydrothermally treated titanium with a nanotopographic surface structure. *J Prosthodont Res.* 2012; 56(3): 178-86.

II. OBJETIVOS

II. OBJETIVOS

El objetivo general de la siguiente Tesis Doctoral es el **estudio dimensional volumétrico de la remodelación alveolar después de la extracción dental, mediante una técnica óptica de precisión, la Microscopía Láser Confocal de Barrido (CLSM) y la obtención del patrón de remodelación dependiendo de las características del paciente y de la exodoncia.** Para llevar a cabo el objetivo principal, se persiguen los siguientes objetivos secundarios:

1. Puesta a punto de la técnica y estudio de la fiabilidad de los modelos de estudio para reproducir la anatomía y los cambios morfológicos del alveolo post-extracción.
2. Cuantificación de los cambios volumétricos en la distancia mesio-distal, anchura y altura vestíbulo-lingual al mes y a los tres meses de la extracción dental
3. Estudio del patrón de remodelación mediante la superposición de las imágenes tridimensionales obtenidas mediante la CLSM.
4. Cuantificación de los cambios volumétricos sufridos en los tejidos adyacentes al segundo molar inferior después de la extracción del tercer molar, tanto en las exodoncias simples como en las quirúrgicas.

III. MATERIAL Y MÉTODO

III. MATERIAL Y MÉTODO

1. FIABILIDAD DE LA TÉCNICA

Para la realización del estudio del alveolo post-extracción se debe emplear una técnica capaz de transferir la morfología del área edéntula a un soporte que pueda ser estudiado mediante la CLSM, sin que se produzcan variaciones volumétricas. Asimismo, la técnica debe ser capaz de reproducir los cambios que se producen durante la remodelación del alveolo, para poder evaluar el patrón de dicha remodelación.

En la actividad clínica se utilizan los materiales de impresión para reproducir la morfología de la cavidad oral del paciente a la hora de realizar cualquier restauración protésica. El ajuste exacto de las restauraciones protésicas en relación a los tejidos dentales y orales es esencial para conseguir y mantener su salud (1).

De entre los materiales de impresión que hay en el mercado, las siliconas de adición tienen unas propiedades físicas extraordinarias. Su exactitud es excelente y son capaces de reproducir pequeños detalles. Tienen también la mejor recuperación elástica de entre los materiales de impresión y son dimensionalmente estables porque no se generan productos durante su polimerización (2). Algunos estudios han confirmado estas propiedades al compararlas con las de otros materiales de impresión (3-7).

1. 1. Preparación de las muestras

Para evaluar la exactitud con la que las impresiones de silicona y su posterior vaciado con escayola reproducirían la morfología de alveolo post-extracción, se realizaron impresiones a dientes naturales extraídos. Previamente, se les realizó a los dientes un orificio con una fresa de corte en la cara oclusal para poder facilitar las medidas. En total, 12 dientes fueron colocados sobre unos soportes de escayola (Vel-Mix Stone, ISO tipo IV, Kerr®), tal como muestra la Figura III.1a. A estas muestras se les tomó una impresión con silicona de adición en un tiempo (silicona fluida Aquasil Ultra LV sobre silicona masilla Aquasil Soft Putty, Dentsply®) para obtener un modelo en escayola que sería la réplica de la muestra original, como se observa en la Figura III.Ib.

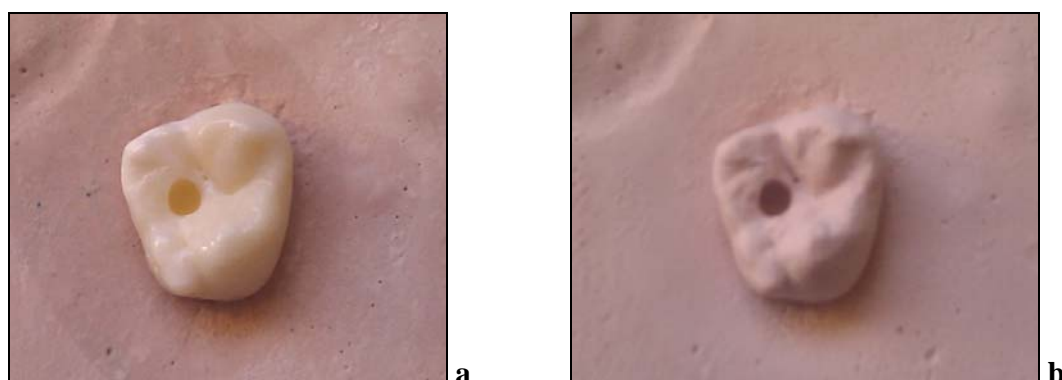


Figura III.1: Fotografía de la muestra donde se aprecia el diente natural sobre la base de escayola (a) y la réplica de la muestra obtenida al tomar una impresión de la muestra y vaciarla con escayola (b).

La muestra original y la réplica en escayola fueron estudiadas mediante la CLSM para valorar las diferencias dimensionales que pudiesen ocurrir en la transferencia de la morfología bucal al modelo de escayola.

1. 2. Estudio con la CLSM

El microscopio utilizado fue el OLS3100-USS, modelo LEXT (Olympus®), perteneciente al grupo de investigación de Ingeniería Electroquímica y Corrosión (IEC) del Instituto de Seguridad Industrial, Radiofísica y Medioambiental (ISIRYM) de la Universidad Politécnica de Valencia. Este aparato permite la observación y el análisis de superficies y microestructuras de los materiales con una resolución máxima de 120 nm en X/Y y de 10 nm en Z. Las fuentes de luz del sistema LEXT son un diodo láser con una longitud de onda de 408 nm para microscopía CLSM (confocal) y LSM (no-confocal) y una lámpara halógena de 100W para aplicaciones convencionales de microscopía (campo claro, oscuro, polarización y DIC). Dispone de una platina motorizada que permite llegar rápidamente a la región de interés. El cambio del objetivo se ejecuta eléctricamente a través de control del ordenador.



Figura III.2: Fotografía del microscopio confocal utilizado en la Tesis Doctoral.

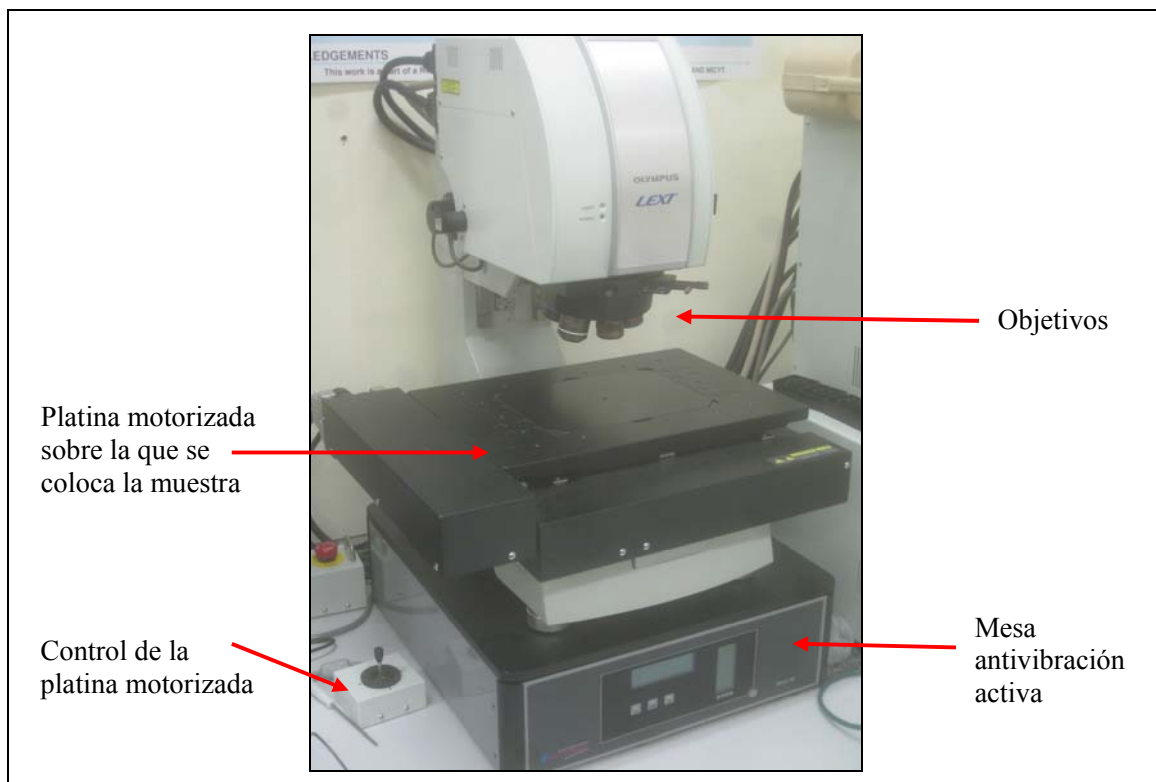


Figura III.3: Detalle del microscopio confocal empleado.

Las muestras fueron observadas a 25 aumentos, con un objetivo de 2,5x.

1. 3. Medidas recogidas con la CLSM

El equipo permite hacer las mediciones sobre las imágenes obtenidas mediante el microscopio gracias al software que incorpora. De cada par de muestras, la del diente natural y la réplica en escayola, se obtuvieron dos perfiles, uno horizontal y otro vertical, tal y como se contempla en la Figura III.4.

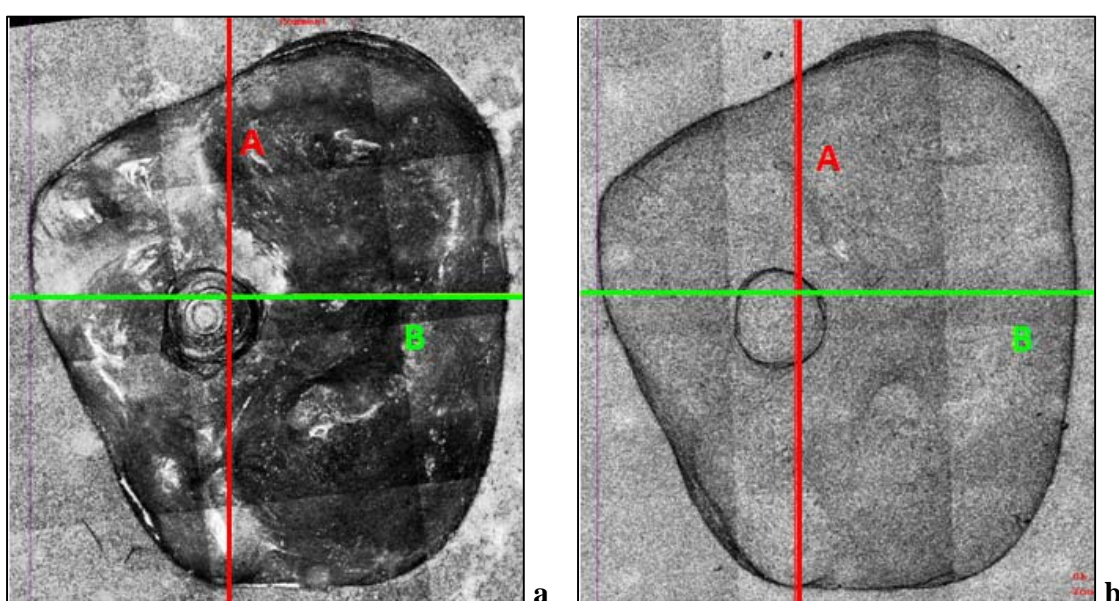


Figura III.4: Imágenes obtenidas con la CLSM del diente natural (a) y de su réplica en escayola (b). La línea A muestra el lugar donde se obtuvo el perfil vertical, y la línea B, el horizontal, tanto del diente natural como de su réplica.

Las medidas tomadas en los perfiles fueron:

- l_v : mide la longitud del diente o del modelo en escayola en el perfil vertical.
- h_v : mide la altura del diente o del modelo en escayola en el perfil vertical.
- l_h : mide la longitud del diente o del modelo en escayola en el perfil horizontal.
- h_h : mide la altura del diente o del modelo en escayola en el perfil horizontal.

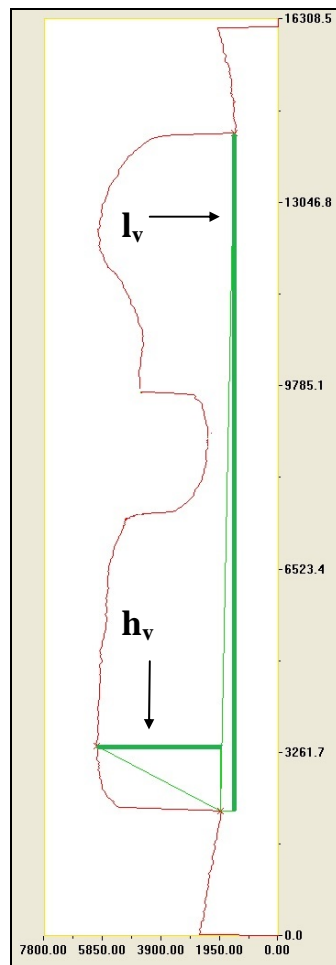


Figura III.5: Perfil vertical (línea A) donde se muestran las medida de la longitud (l_v) y de la altura (h_v) que se realizan en cada par de muestras.

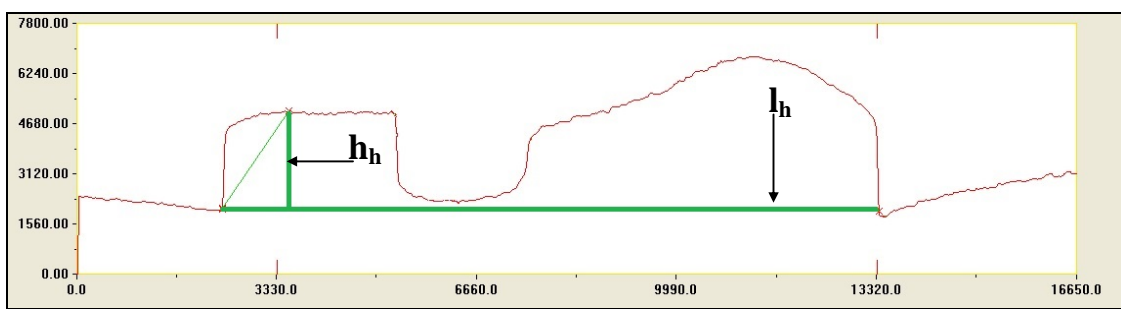


Figura III.6: Perfil horizontal (línea B) donde se muestran las medida de la longitud (l_h) y de la altura (h_h) que se realizan en cada par de muestras.

2. ESTUDIO DEL ALVEOLO POST-EXTRACCIÓN

2. 1. Selección de los pacientes

A. Criterios de inclusión

Se seleccionaron aleatoriamente los pacientes que necesitaban una extracción dental en el maxilar o en la mandíbula y que acudieron a la Unidad de Estomatología del Hospital Universitario Dr. Peset o al Centro de Especialidades de Monteolivete de Valencia.

La edad para que los pacientes participaran en el estudio debía estar comprendida entre 18 y 65 años.

Los dientes que por cualquier causa (caries extensa, enfermedad periodontal avanzada o traumatismo) no pudieran ser mantenidos en la boca fueron extraídos. El diente extraído debía estar flanqueado por un diente mesial y otro distal, que permitiera tomar referencias fijas y estables durante las mediciones.

Todos los pacientes firmaron un consentimiento informado en el que se explicaba con detalle los objetivos del estudio, su diseño y los plazos de ejecución. Asimismo, el proyecto de investigación fue presentado y aprobado por el Comité de Ética e Investigación Clínica (CEIC) del Hospital Universitario Dr. Peset.

B. Criterios de exclusión

Se excluyeron los pacientes con enfermedades sistémicas que impedían un tratamiento dental ambulatorio, pacientes con enfermedades o medicaciones que alteraban el metabolismo óseo y las pacientes embarazadas.

Los pacientes que recibían medicación que alteraba la hemostasia fueron tratados según la guía clínica más actual para la realización de exodoncias en ellos.

2. 2. Diseño del estudio

Se procedió a realizar un estudio descriptivo, longitudinal, prospectivo con el que se pretende cuantificar los cambios morfológicos que ocurren en el alveolo post-extracción al

mes y a los 3 meses de la exodoncia, así como estudiar el patrón de remodelación en el tiempo y las variables que intervienen en el mismo.

A. Primera visita

Se realizó la historia médica completa al paciente, apuntando sus enfermedades sistémicas, la medicación que recibía y sus hábitos. También se le realizó una exploración oral, donde se valoraron las caries, bolsas periodontales y el sangrado gingival. Asimismo, se evaluó el diente o dientes que debían ser extraídos. La hoja de recogida de los datos y variables se muestra en el **Anexo I**.

Además, se le pidió al paciente una ortopantomografía para valorar las posibles alteraciones radiográficas inicialmente.

Por último, en el caso de que el diente que debía ser extraído presentara infección, se le administró al paciente un tratamiento antibiótico dependiendo de peso: amoxicilina + ácido clavulánico 500- 875/125 mg cada 8 horas durante 7 días, empezando 3 días antes de la extracción. En los pacientes alérgicos a las penicilinas se administraron macrólidos.

B. Día de la extracción

Tras la inyección de anestesia local con articaína y vasoconstrictor (Ultracain, laboratorios Normon®, epinefrina 40/0,01 mg/ml) se realizó la extracción del diente de la manera más atraumática posible para no dañar la encía ni el hueso alveolar de soporte, especialmente a nivel vestibular. Después de la exodoncia, se revisó el diente, para saber que había sido extraído completamente, y el alveolo, procediéndose al legrado de este último. En caso de requerir una sutura por tratarse de una extracción compleja con ostectomía, se procedió a la misma.

A continuación, se tomó una impresión de silicona (silicona fluida Aquasil Ultra LV sobre silicona masilla Aquasil Soft Putty, Dentsply®) de la zona de la extracción para obtener un modelo de escayola. La impresión de silicona se vació con escayola (Vel-Mix Stone, ISO tipo IV, Kerr®) y posteriormente, se realizó el estudio de la zona de extracción mediante la técnica de Microscopía Láser Confocal de Barrido (CLSM).

Por último, se revisó nuevamente la zona de extracción y se colocó una gasa sobre el alveolo, que el paciente debía morder, para realizar hemostasia.

C. Al mes y a los 3 meses de la extracción

En las visitas posteriores, se revisó la zona edéntula por si se había producido alguna complicación después de la extracción dental, y en su caso, estas fueron tratadas. Además, se tomaron nuevas impresiones de silicona de la zona para evaluar los cambios en el perfil clínico del alveolo al mes y a los 3 meses desde la fecha de la exodoncia.

D. Variables recogidas

Las variables personales y las características de la extracción recogidas durante el estudio fueron:

- Edad: se incluyeron paciente entre 18 y 65 años.
- Sexo
- Enfermedades: no se incluyeron en el estudio pacientes con problemas sistémicos que impedían un tratamiento dental ambulatorio, pacientes con enfermedades sistémicas que alteraban el metabolismo óseo y las pacientes embarazadas, porque se prevé que en este tipo de casos la remodelación del alveolo post-extracción tendrá unas características diferentes (8-10).
- Medicación: se anotaron los tratamientos que tomaban los pacientes incluidos en el estudio. No se incluyeron pacientes con medicaciones o tratamientos que alteraban el metabolismo óseo.
- Tabaco: se registraron el número de cigarrillos al día que consumían los pacientes con hábito tabáquico.
- Estado periodontal: se realizó un periodontograma a los individuos participantes en el estudio, anotando el sangrado y la profundidad de sondaje del surco gingival. La exploración se realizó con una sonda periodontal milimetrada Williams (Hu-Friedy®). La sonda de Williams tiene marcas en 1, 2, 3, 5, 7, 8, 9 y 10 mm, tal como se observa en la Figura III.7.

Después de realizar el periodontograma a los individuos participantes en el estudio, se clasificó su nivel de salud periodontal de la siguiente manera:

- Sano: ausencia de sangrado gingival y bolsas periodontales ≤ 3 mm.
- Gingivitis: sangrado gingival y bolsas periodontales ≤ 3 mm.
- Periodontitis: bolsas periodontales > 3 mm.

- Periodontitis inicial: bolsas periodontales de 4- 5 mm.
- Periodontitis moderada: bolsas periodontales de 5- 6 mm.
- Periodontitis severa: bolsas periodontales > 6 mm.

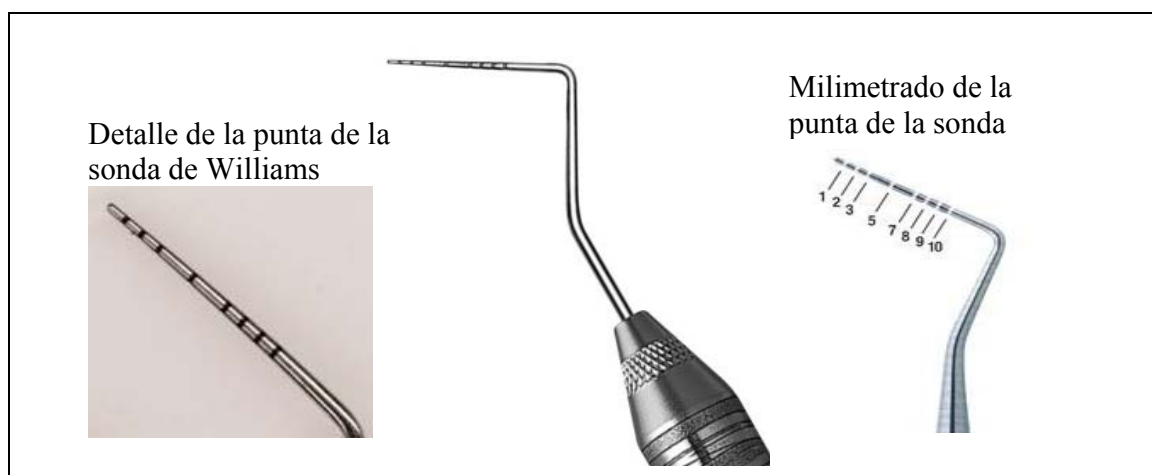


Figura III.7: Imagen de la sonda periodontal de Williams y detalle del milimetrado de la punta, que permite medir la profundidad del surco gingival.

- Pieza dental: se anotó si la extracción se trataba de un diente o de un resto radicular.
- Tipo dental: se especificó si se trataba de un diente anterior (incisivos y caninos), premolar o molar.
- Localización: se registró si el diente se encontraba en el maxilar o en la mandíbula.
- Causa de la extracción: se anotó el motivo por el que se realizaba la exodoncia, entre ellos, caries, fracaso del tratamiento endodóncico, traumatismo e indicación ortodóncica.
- Infección: se indicó si había habido infección previa a la exodoncia, así como el tipo de infección (periodontal o periapical).
- Antagonista: se objetivó si el diente distal al espacio de extracción ocluía con un antagonista y si éste era un diente o la pieza de una prótesis.
- Tipo de extracción:
 - Extracción simple o convencional: se catalogó la exodoncia como simple aquella que no requirió para su realización de más procedimientos que los llevados a cabo con el fórceps y el botador.

- Extracción compleja: son aquellas que presentan una dificultad que convierte una exodoncia convencional en una exodoncia con exigencia de medios especiales:
 - Odontosección
 - Ostectomía
- Complicaciones aparecidas después de la extracción.

2. 3. Medidas recogidas con la CLSM

Las muestras se observaron utilizando un objetivo de 2,5x, con una ampliación total de 25 aumentos. Las observaciones fueron hechas con una cuadrícula de 4x6 (4 secciones horizontales y 6 secciones verticales). Las secciones se registran en un tamaño de 4,8x6,4 mm² y una resolución lateral de 6,25x6,25 μm². Cada sección tenía una profundidad máxima de 10 mm.

Todas las mediciones se tomaron en cinco puntos del alveolo post-extracción. La Figura III.8 muestra las cinco secciones longitudinales colocadas en:

- 1) La parte más vestibular.
- 2) La cuarta parte de la longitud, en la parte vestibular.
- 3) La parte central.
- 4) La cuarta parte de la longitud, en la parte lingual.
- 5) La parte más lingual.

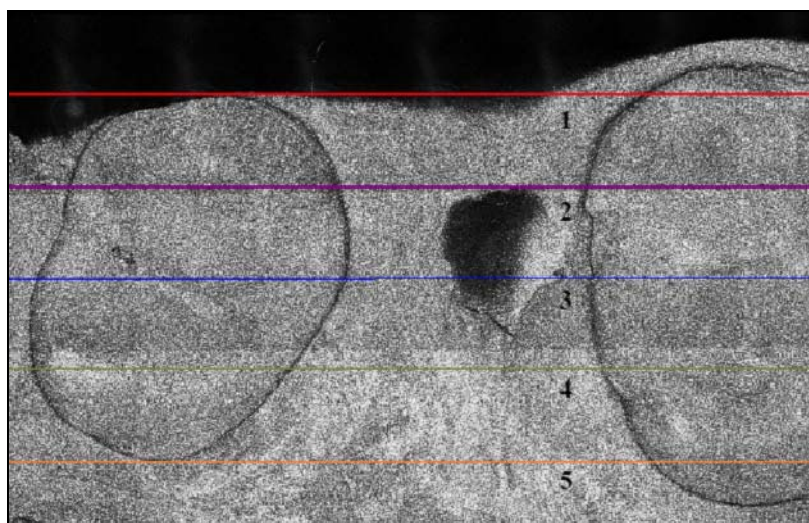


Figura III.8: Secciones longitudinales en el alveolo post-extracción.

La Figura III.9 muestra las cinco secciones transversales colocadas en:

- 1) La parte más mesial.
- 2) La cuarta parte de la longitud, en la parte mesial.
- 3) La parte central.
- 4) La cuarta parte de la longitud, en la parte distal.
- 5) La parte más distal.

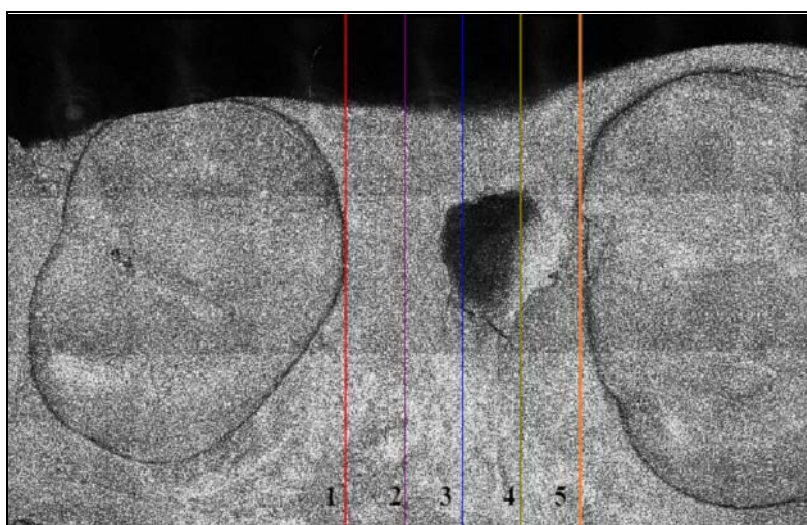


Figura III.9: Secciones transversales en el alveolo post-extracción.

El láser tiene un poder de penetración de 10 mm. En los casos en los que el láser no llegó al fondo del lugar de extracción, después de tomar la distancia mesio-distal y las alturas desde la cúspide a la encía más alta de la zona mesial del espacio de extracción (el procedimiento se detalla más adelante), se cortaron los dientes de los modelos de escayola a ras de la encía con un aparato Dremel® para permitir que el láser llegue a todo el alveolo. Posteriormente, se volvió a realizar la observación microscópica.

Las medidas recogidas con la CLSM fueron:

A. Distancia mesio-distal

Mide la distancia entre los dientes adyacentes al lugar de extracción en el momento inicial, al mes y a los tres meses para valorar los posibles movimientos de los dientes hacia el espacio edéntulo. Las distancias se obtendrán de la base del diente, junto al inicio de la encía. La Figura III.10 y la III.11 muestran una imagen tridimensional y otra bidimensional

respectivamente, obtenidas con el CLSM y el plano de corte longitudinal que sirve para realizar la medida deseada. La Figura III.12 muestra el perfil obtenido del corte longitudinal, que permite realizar la medida.

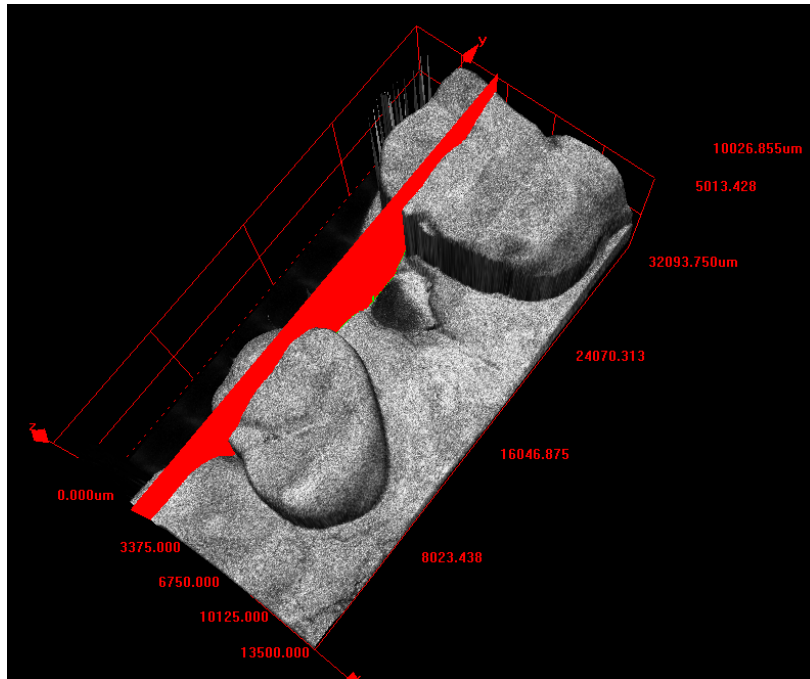


Figura III.10: Vista tridimensional del alveolo post-extracción obtenida con el CLSM donde se observa el plano de corte longitudinal que permite medir la distancia mesio-distal.

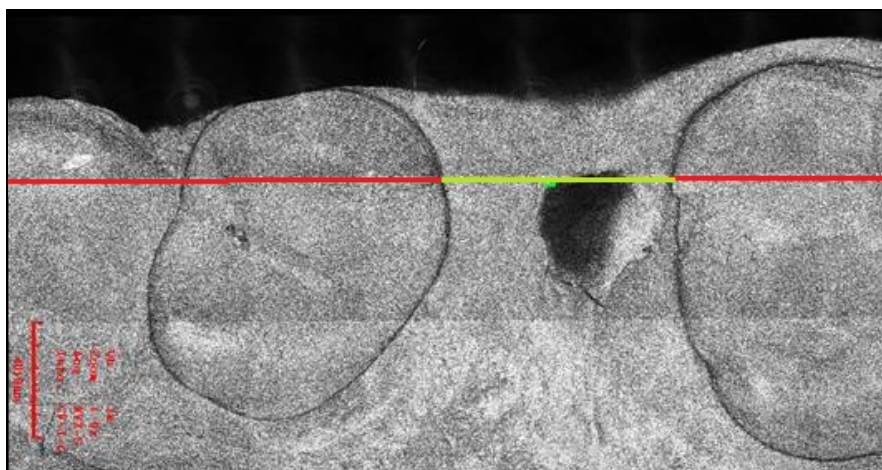


Figura III.11: Vista bidimensional del alveolo post-extracción con el plano de corte longitudinal de la Figura III.10, marcado en rojo, y la medida de la distancia mesio-distal, línea verde.

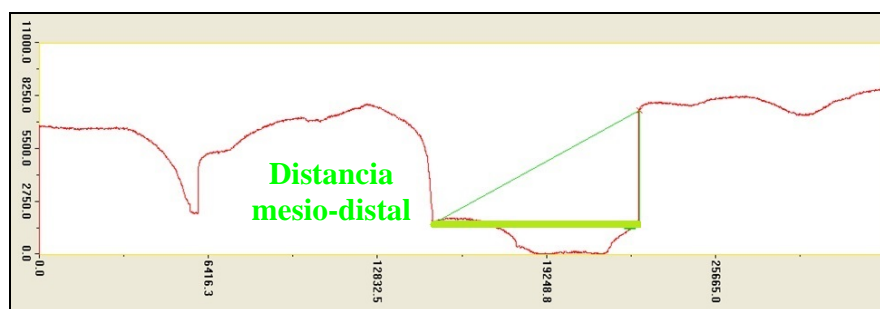


Figura III.12: Plano de corte longitudinal de la Figura III.10 con la medida de la distancia mesio-distal.

- **Movimiento al mes (mov_1m):** mide el movimiento ocurrido durante el primer mes post-extracción y se obtiene por la diferencia entre la distancia mesio-distal inicial y la distancia al mes.

$$\text{mov_1p} = \text{Distancia mesio-distal inicial} - \text{Distancia al mes} \quad (\text{I})$$

- **Movimiento a los 3 meses (mov_3m):** mide el movimiento ocurrido durante los 3 meses post-extracción y se obtiene por la diferencia entre la distancia mesio-distal inicial y la distancia a los 3 meses.

$$\text{mov_total} = \text{Distancia inicial} - \text{Distancia a los tres meses} \quad (\text{II})$$

- **Porcentaje de movimiento al mes (pmov_1m):** porcentaje del movimiento al mes con respecto a la distancia inicial. Se calcula de la siguiente manera:

$$\text{pmov_1m} = \frac{(\text{Distancia inicial} - \text{Distancia al mes}) \times 100}{\text{Distancia inicial}} \quad (\text{III})$$

- **Porcentaje de movimiento a los 3 meses (pmov_3m):** porcentaje del movimiento a los 3 meses con respecto a la distancia inicial.

$$\text{pmov_3m} = \frac{(\text{Distancia inicial} - \text{Distancia a los 3 meses}) \times 100}{\text{Distancia inicial}} \quad (\text{IV})$$

- **Velocidad de movimiento en el primer periodo (velmov_1p):** movimiento al día durante el primer mes.

$$\text{velmov_1p} = \frac{(\text{Distancia inicial} - \text{Distancia al mes})}{\text{Días transcurridos hasta la medición del primer mes}} \quad (\text{V})$$

- **Velocidad de movimiento en el segundo periodo (velmov_2p):** movimiento al día entre el tercer y el primer mes.

$$\text{velmov_2p} = \frac{(\text{Distancia al mes} - \text{Distancia a los tres meses})}{\text{Días transcurridos entre el tercer y el primer mes}} \quad (\text{VI})$$

- **Velocidad de movimiento total (velmov_total):** movimiento al día en el periodo total (tres meses).

$$\text{velmov_total} = \frac{(\text{Distancia inicial} - \text{Distancia a los tres meses})}{\text{Días transcurridos hasta la medición del tercer mes}} \quad (\text{VII})$$

B. Anchura alveolar

Mide la anchura vestibulo-lingual en la zona de extracción en 3 tiempos: al inicio del estudio, al mes y a los 3 meses. Para hacer esta medición se obtendrán los puntos en el lugar en que la encía tiene una pendiente negativa. La Figura III.13 y la III.14 muestran una imagen tridimensional y otra bidimensional respectivamente, obtenidas con el CLSM y el plano de corte transversal al alveolo que sirve para realizar la medida de la anchura vestibulo-lingual. La Figura III.15 muestra el perfil obtenido del corte transversal, que permite realizar la medida.

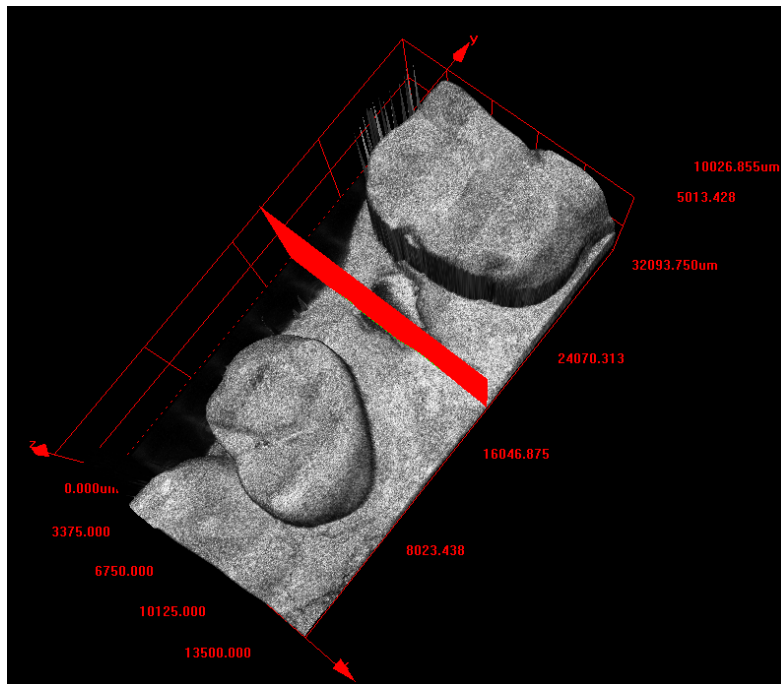


Figura III.13: Vista tridimensional del alveolo post-extracción obtenida con el CLSM con el plano de corte transversal que permite medir la anchura alveolar.

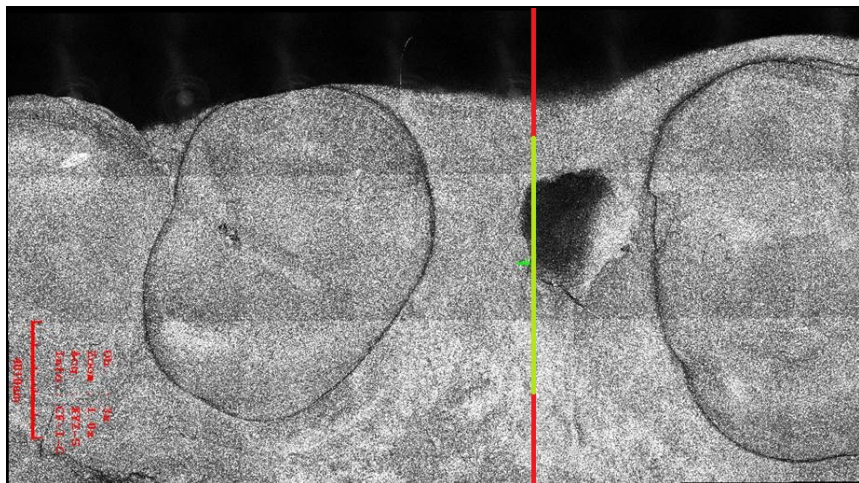


Figura III.14: Vista bidimensional del alveolo post-extracción con el plano de corte transversal que aparecía en la Figura III.13, marcado en rojo, y la medida de la anchura vestibulo-lingual, línea verde.

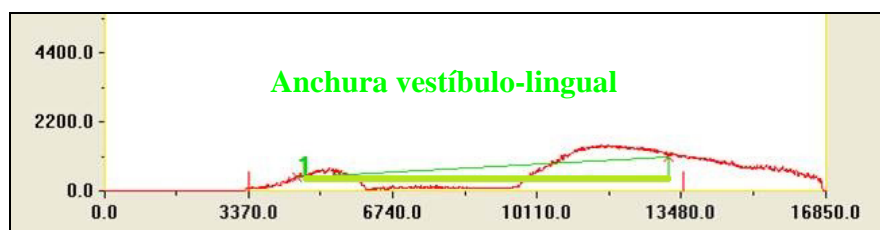


Figura III.15: Plano de corte transversal de la Figura III.14 con la medida de la anchura vestibulo-lingual.

- **Remodelación al mes (rem_1m):** mide la remodelación en la anchura vestibulo-lingual ocurrida durante el primer mes y se obtiene por la diferencia entre la anchura vestibulo-lingual al mes y la inicial.

$$\text{rem_1m} = \text{Anchura vestibulo-lingual inicial} - \text{Anchura al mes} \quad (\text{VIII})$$

- **Remodelación a los 3 meses (rem_3m):** mide la remodelación a los tres meses y se consigue mediante la diferencia entre la anchura vestibulo-lingual a los 3 meses y la inicial.

$$\text{rem_3m} = \text{Anchura vestibulo-lingual inicial} - \text{Anchura a los 3 meses} \quad (\text{IX})$$

- **Porcentaje de remodelación al mes (prem_1m):** porcentaje de la remodelación al mes con respecto a la anchura inicial. Se calcula de la siguiente manera:

$$\text{prem_1m} = \frac{(\text{Anchura inicial} - \text{Anchura al mes}) \times 100}{\text{Anchura inicial}} \quad (\text{X})$$

- **Porcentaje de remodelación a los 3 meses (prem_3m):** porcentaje de la remodelación a los 3 meses con respecto a la anchura inicial.

$$\text{prem_3m} = \frac{(\text{Anchura inicial} - \text{Anchura a los 3 meses}) \times 100}{\text{Anchura inicial}} \quad (\text{XI})$$

- **Velocidad de remodelación en el primer periodo (velrem_1p):** remodelación al día durante el primer mes.

$$\text{velrem_1p} = \frac{(\text{Anchura inicial} - \text{Anchura al mes})}{\text{Días transcurridos hasta la medición del primer mes}} \quad (\text{XII})$$

Días transcurridos hasta la medición del primer mes

- **Velocidad de remodelación en el segundo periodo (velrem_2p):** remodelación al día entre el tercer y el primer mes.

$$\text{velrem_2p} = \frac{(\text{Anchura al mes} - \text{Anchura a los tres meses})}{\text{Días transcurridos entre el tercer y el primer mes}} \quad (\text{XIII})$$

Días transcurridos entre el tercer y el primer mes

- **Velocidad de remodelación total (velrem_total):** remodelación al día en el periodo total (tres meses).

$$\text{velrem_total} = \frac{(\text{Anchura inicial} - \text{Anchura a los tres meses})}{\text{Días transcurridos hasta la medición del tercer mes}} \quad (\text{XIV})$$

Días transcurridos hasta la medición del tercer mes

C. Altura alveolar vestibular y lingual

Mide la altura alveolar lingual y vestibular con respecto al punto mas alto de la cúspide vestibular del diente mesial a la zona de la extracción. Para determinar estas dimensiones, como el punto de referencia de la encía puede variar al mes y a los tres meses, se utilizarán las siguientes medidas:

- **H_{0_1}:** Distancia al punto mas alto de la encía mesial en su vertiente palatina/lingual, desde la cúspide del diente anterior al espacio de extracción en el momento inicial. La Figura III.16 muestra una imagen tridimensional del alveolo tomada con la CLSM en la que se observa la altura alveolar. En la Figura III.17 se muestran los perfiles transversales que pasan por la cúspide del diente mesial al alveolo post-extracción y por la encía mesial al alveolo post-extracción, así como la altura H_{0_1}.
- **H_{1_1}:** Distancia al punto más alto de la encia mesial en su vertiente palatina/lingual, desde la cúspide del diente anterior al espacio de extracción al mes.
- **H_{3_1}:** Distancia al punto más alto de la encia mesial en su vertiente palatina/lingual, desde la cúspide del diente anterior al espacio de extracción a los 3 meses.

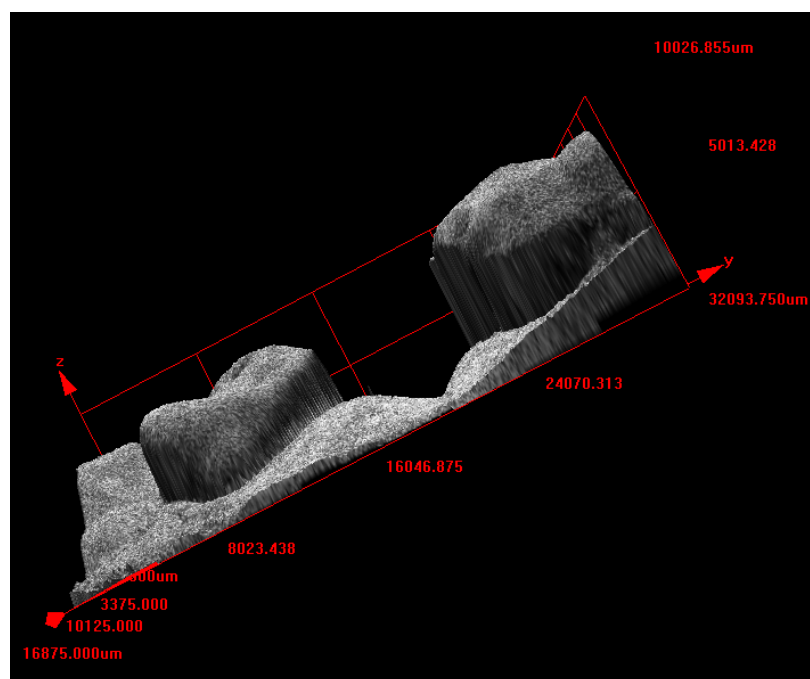


Figura III.16: Vista tridimensional del alveolo post-extracción.

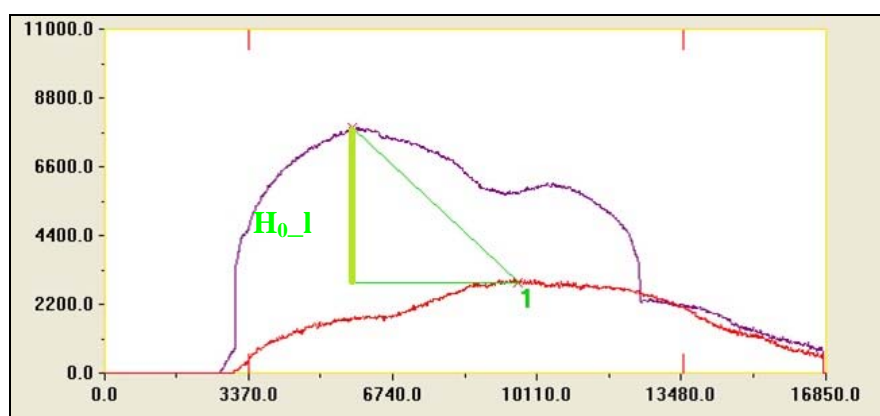


Figura III.17: Planos de corte transversales que muestran el perfil de la encía adyacente al diente mesial (perfil rojo) y dicho diente (perfil morado), y la medida de H_0_1 (línea verde).

La altura alveolar en el momento inicial se determinó midiendo la distancia entre el punto de referencia de la encía usado en H_0_1 y el punto más alto del alveolo en su vertiente lingual/palatina o vestibular en los diferentes perfiles, tal como se muestra en las Figuras III.18 y III.19.

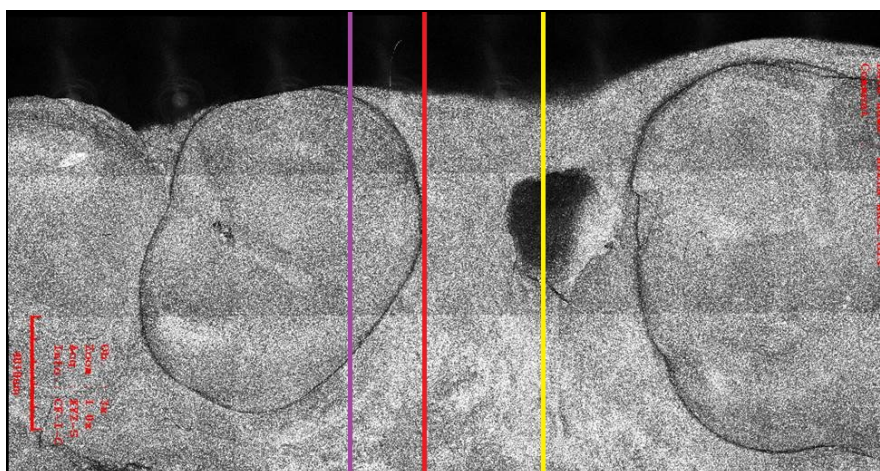


Figura III.18: Imagen bidimensional del alveolo post-extracción con los planos de corte transversales que muestran el perfil de la encía adyacente al diente mesial (perfil rojo), el perfil del diente mesial (perfil morado) y el perfil en el centro del alveolo post-extracción (perfil amarillo).

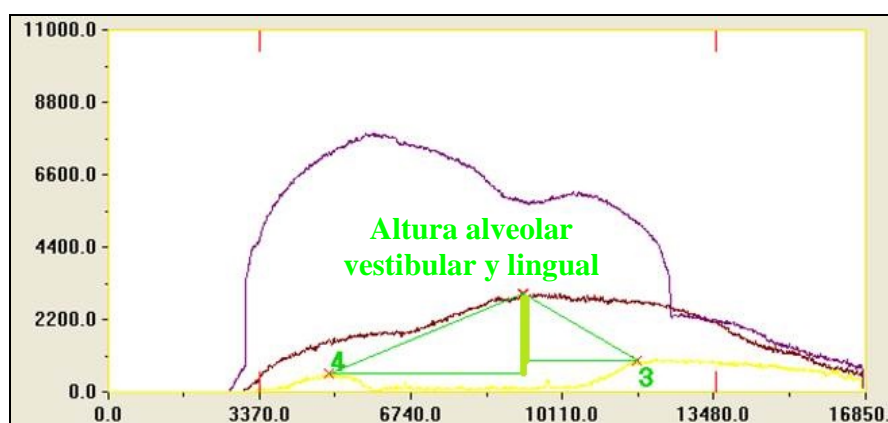


Figura III.19: Planos de corte transversales mostrados en la Figura III.18 y medida de la altura alveolar vestibular y lingual (línea verde).

De esta forma también se calculó la distancia al punto mas alto de la encía mesial en su vertiente vestibular en el momento inicial (H_{0_v}), al mes (H_{1_v}) y a los tres meses (H_{3_v}), como se muestra en la Figura III.20.

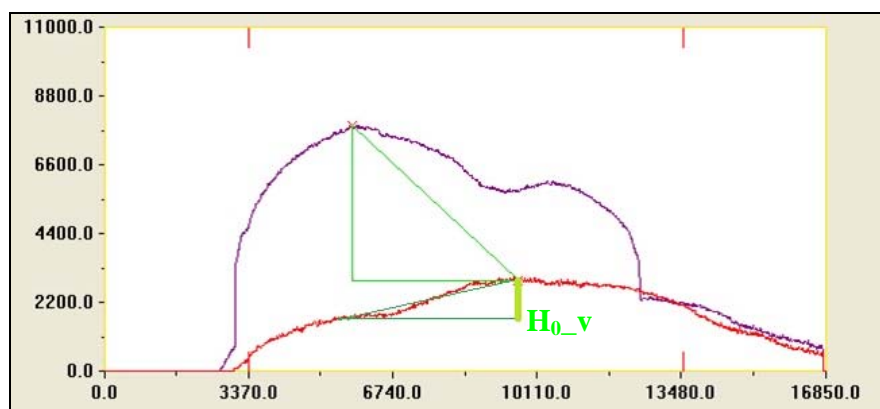


Figura III.20: Planos de corte transversales que muestran el perfil de la encía adyacente al diente mesial (perfil rojo) y dicho diente (perfil morado), y la medida de H_{0_v} (línea verde).

Para determinar la altura al mes y a los 3 meses, se mide la distancia entre el punto de referencia de la encía usado en H_{1_l} y H_{3_l} y el punto más alto de lingual o vestibular en los diferentes perfiles. Con estas distancias se obtiene:

- **Retracción de la encía al mes** = $H_{1_l} - H_{0_l}$ (XV)
- **Retracción de la encía a los 3 meses** = $H_{3_l} - H_{0_l}$ (XVI)
- **Altura real al mes** = Altura al mes + Retracción de la encía al mes = Altura al mes + $(H_{1_l} - H_{0_l})$ (XVII)
- **Altura real a los 3 meses** = Altura a los 3 meses + Retracción de la encía a los 3 meses = Altura a los 3 meses + $(H_{3_l} - H_{0_l})$ (XVIII)

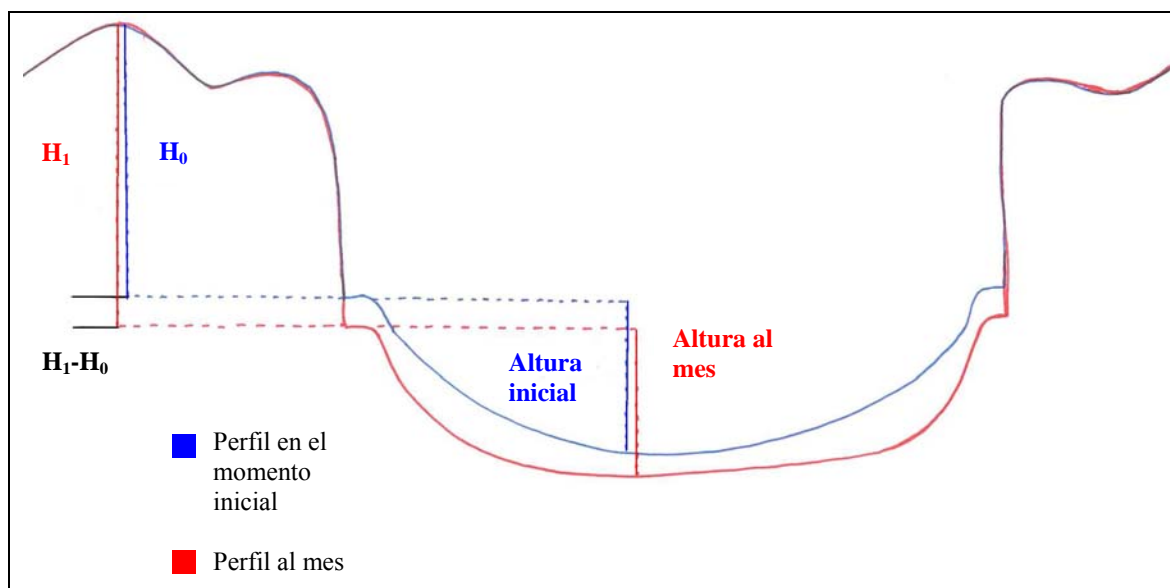


Figura III.21: Esquema ilustrativo de las medidas de H_{0_l} y H_{1_l} en los perfiles del alveolo post-extracción en el momento inicial y al mes.

De estas medidas se obtiene:

- **Disminución de la altura al mes (dismalt_1m):**

$$\text{dismalt_1m} = \text{Altura real al mes} - \text{Altura inicial} \quad (\text{XIX})$$

- **Disminución de la altura a los 3 meses (dismalt_3m):**

$$\text{dismalt_3m} = \text{Altura real a los 3 meses} - \text{Altura inicial} \quad (\text{XX})$$

- **Velocidad de disminución de la altura en el primer periodo (veldism_1p):**
disminución de la altura al día durante el primer mes.

$$\text{veldism_1p} = \frac{\text{Disminución de la altura al mes}}{\text{Días transcurridos hasta la medición del primer mes}} \quad (\text{XXI})$$

- **Velocidad de disminución de la altura en el segundo periodo (veldism_2p):**
disminución de la altura al día entre el tercer y el primer mes.

$$\text{veldism_2p} = \frac{(\text{Disminución de la altura a los 3 meses} - \text{Disminución al mes})}{\text{Días transcurridos entre el tercer y el primer mes}} \quad (\text{XXII})$$

- **Velocidad de disminución de la altura total (veldism_total):** disminución de la altura al día en el periodo total (tres meses).

$$\text{veldism_total} = \frac{\text{Disminución de la altura a los 3 meses}}{\text{Días transcurridos hasta la medición del tercer mes}} \quad (\text{XXIII})$$

Para comparar la altura entre la vertiente vestibular y lingual, se obtiene la diferencia entre ambas alturas en el momento de la extracción, al mes y a los tres meses según estas fórmulas:

- **Diferencia entre la altura alveolar vestibular y lingual en el momento de la extracción:** diferencia entre las alturas en el momento inicial.

$$\text{difaltura_0m} = \text{Altura vestibular} - \text{Altura lingual en el momento inicial} \quad (\text{XXIV})$$

- **Diferencia entre la altura alveolar vestibular y lingual al mes:** diferencia entre las alturas al mes de la extracción.

$$\text{difaltura_1m} = \text{Altura vestibular} - \text{Altura lingual al mes} \quad (\text{XXV})$$

- **Diferencia entre la altura alveolar vestibular y lingual a los tres meses:** diferencia entre las alturas a los 3 meses de la extracción.

$$\text{difaltura_3m} = \text{Altura vestibular} - \text{Altura lingual a los 3 meses} \quad (\text{XXVI})$$

2. 4. Superposición del alveolo post-extracción

La adquisición de las imágenes con la CLSM también permitió la reconstrucción tridimensional con un programa de análisis de imágenes, el software SigmaPlot ® (Systat Software Inc., EE.UU.). Este programa posibilitó la superposición de las reconstrucciones tridimensionales obtenidas al inicio, un mes y tres meses después de la extracción del diente. Con la superposición de las imágenes se puede conocer el patrón de la remodelación del alveolo post-extracción. La Figura III.22 muestra las imágenes tridimensionales del alveolo post-extracción al inicio, al mes y a los tres meses de la exodoncia.

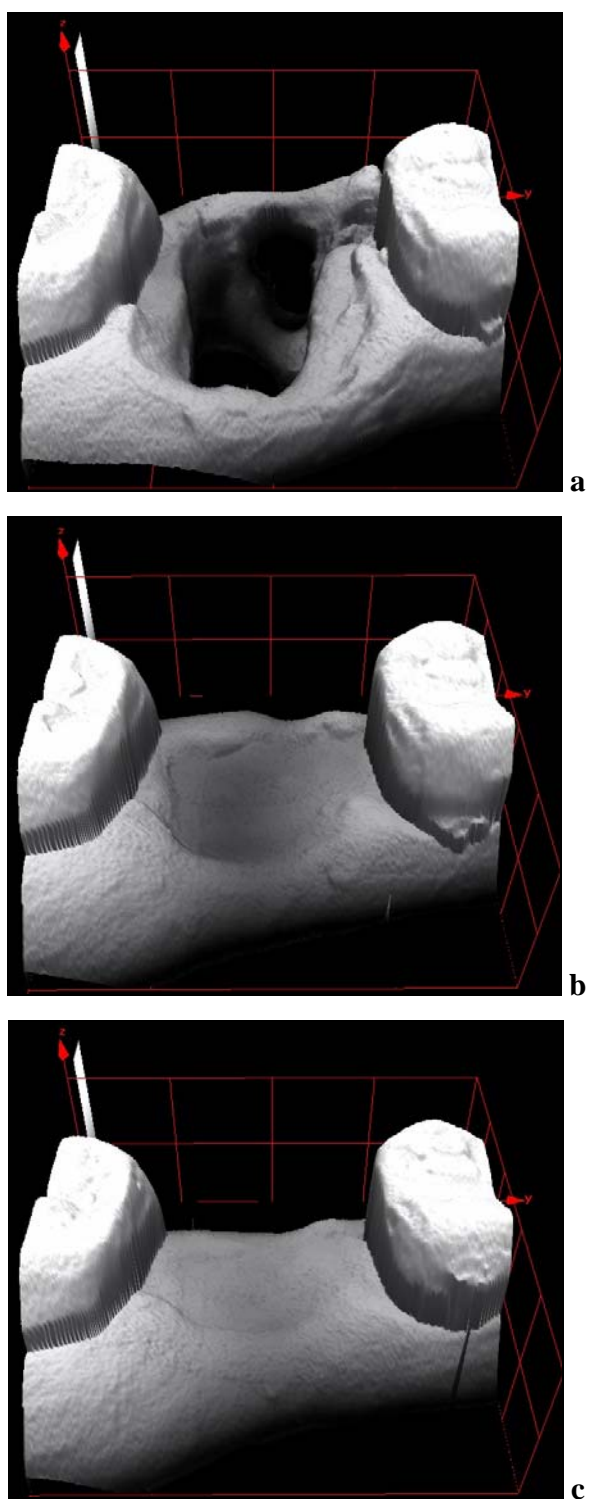


Figura III.22: Imágenes tridimensionales del alveolo post-extracción al inicio (a), al mes (b) y a los tres meses de la exodoncia (c). Vista palatina del alveolo dejado por la extracción del 1^{er} molar superior derecho (1.6).

La Figura III.23 muestra la superposición obtenida. Al realizar la sección de la superposición de las imágenes tridimensionales, se consiguen los perfiles alveolares al inicio, al mes y a los tres meses de la extracción, como se observa en la Figura III.24.

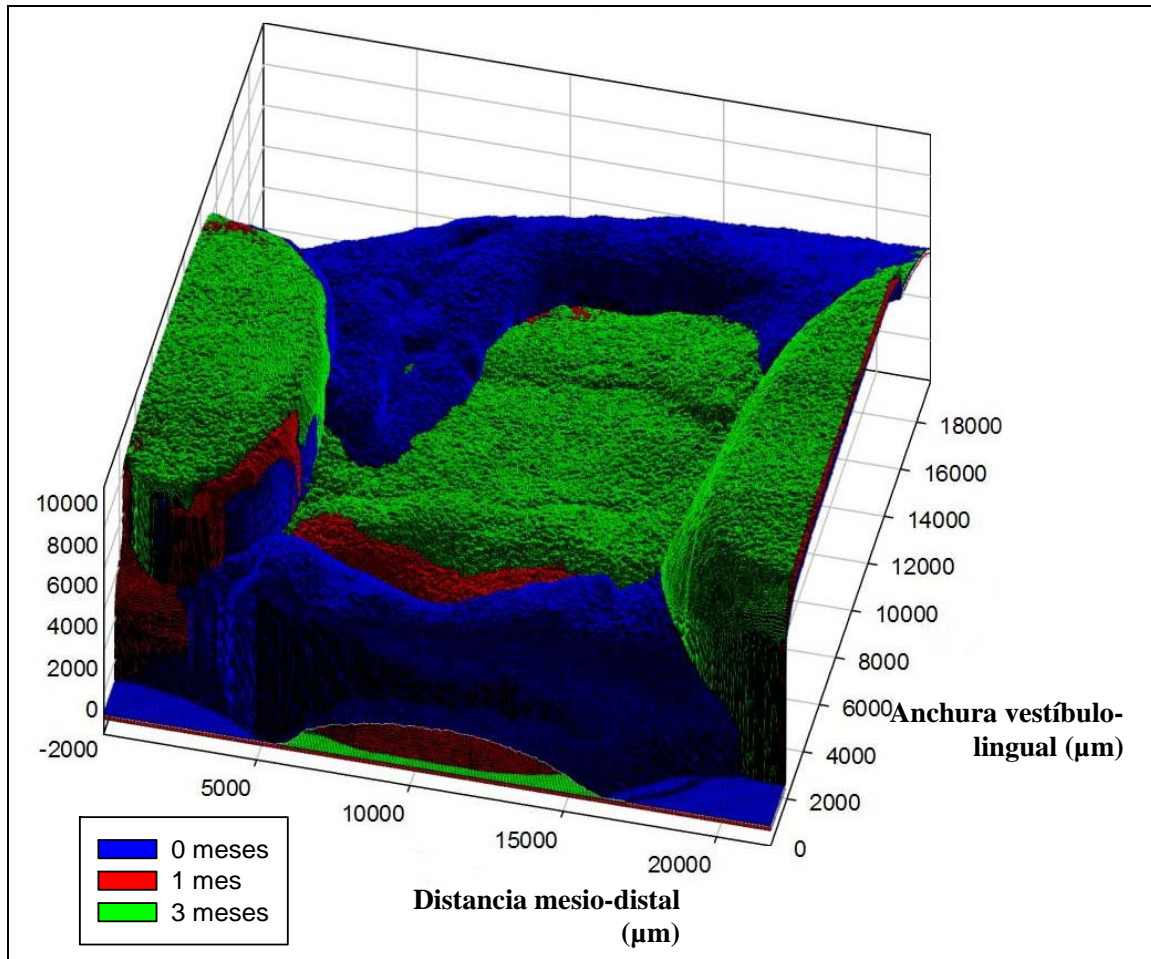


Figura III.23: Superposición de las imágenes tridimensionales del alveolo post-extracción de la Figura III. 22. Vista vestibular del alveolo dejado por la extracción del 1^{er} molar superior derecho (1.6).

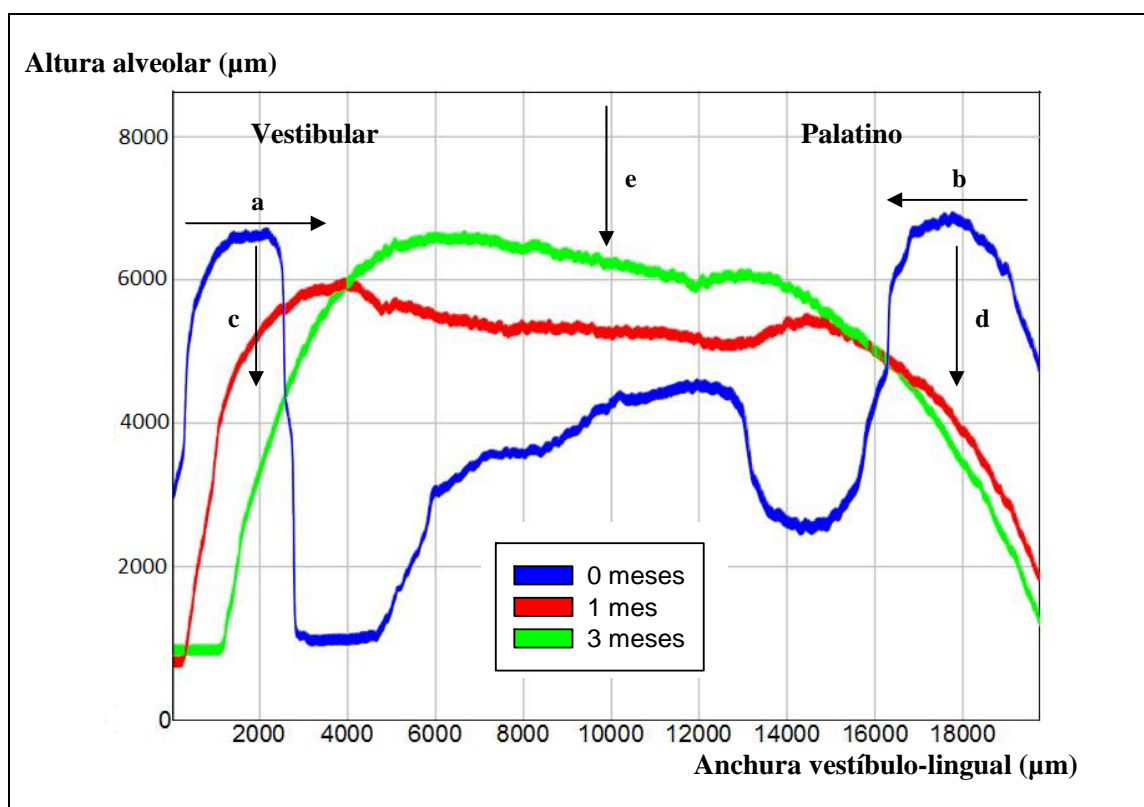


Figura III.24: Perfiles del alveolo post-extracción en el momento inicial (línea azul), al mes (línea roja) y a los 3 meses de la exodoncia (línea verde), obtenidos en la sección transversal de la superposición de la Figura III.23. Las flechas negras marcan el orden para anotar los perfiles, para poder realizar el análisis estadístico posterior, en la anchura vestibular (a) y lingual (b), en la altura vestibular (c) y lingual (d) y en el centro del alveolo (e).

Para poder analizar las superposiciones con objeto de realizar el estudio estadístico, se anotó la posición de cada uno de los perfiles tanto en anchura como en altura y en las vertientes lingual y vestibular. En las anchuras se siguió el orden de la parte vestibular o lingual hacia el centro del alveolo. En las alturas se anotaron los perfiles siguiendo el orden hacia apical. Por ejemplo, en la Figura III.24 la posición de los perfiles en cuanto a la altura vestibular sería 0, 1, 3 meses. También se anotaron los perfiles en el centro del alveolo. En el ejemplo anterior la posición de los perfiles en el centro del alveolo sería 3, 1, 0 meses.

3. ESTUDIO DE LOS CAMBIOS EN LOS TEJIDOS ADYACENTES AL 2º MOLAR INFERIOR DESPUÉS DE LA EXTRACCIÓN DEL 3º MOLAR

3. 1. Selección de los pacientes

A. Criterios de inclusión

Se seleccionaron aleatoriamente los pacientes que necesitaban una extracción del 3º molar inferior y que acudieron a la Unidad de Estomatología del Hospital Universitario Dr. Peset.

La edad para que los pacientes participaran en el estudio debía estar comprendida entre 18 y 65 años.

Todos los pacientes firmaron un consentimiento informado en el que se explicaba con detalle los objetivos del estudio, su diseño y los plazos de ejecución.

B. Criterios de exclusión

Se excluyeron los pacientes con enfermedades sistémicas que impedían un tratamiento dental ambulatorio, pacientes con enfermedades o medicaciones que alteraban el metabolismo óseo y las pacientes embarazadas.

Los pacientes que recibían medicación que alteraba la hemostasia fueron tratados según la guía clínica más actual para la realización de exodoncias en ellos.

3. 2. Diseño del estudio

Se procedió a realizar un estudio descriptivo, longitudinal, prospectivo con el que se pretende cuantificar los cambios volumétricos sufridos en los tejidos adyacentes al segundo molar inferior después de la extracción del tercer molar, tanto en las exodoncias simples como en las quirúrgicas.

A. Primera visita

Se realizó la historia médica completa al paciente, apuntando sus enfermedades sistémicas, la medicación que recibía y sus hábitos. También se le realizó una exploración

oral, donde se valoraron las caries, bolsas periodontales, sangrado gingival y el índice de placa. La hoja de recogida de los datos y variables se muestra en el **Anexo II**.

Además, se le pidió al paciente una ortopantomografía para valorar las posibles alteraciones radiográficas inicialmente, así como la posición y disposición del 3^{er} molar.

Por último, en el caso de que el diente que debía ser extraído presentara infección, se le administró al paciente un tratamiento antibiótico dependiendo de su peso: amoxicilina + ácido clavulánico 500- 875/125 mg cada 8 horas durante 7 días, empezando 3 días antes de la extracción. En los pacientes alérgicos a las penicilinas se administraron macrólidos.

B. Día de la extracción

Tras la inyección de anestesia local con articaína y vasoconstrictor (Ultracain, laboratorios Normon®, epinefrina 40/0,01 mg/ml) se realizó la extracción del diente de la manera más atraumática posible. En los casos en que fue necesario, se realizó una incisión con descarga vertical por mesial del segundo molar, ostectomía y odontosección del diente dependiendo del caso, y posterior sutura de la herida quirúrgica. Después de la exodoncia, se revisó el diente, para saber que había sido extraído completamente, y el alveolo, y se procedió a la limpieza de la herida operatoria.

A continuación, se tomó una impresión de silicona (silicona fluida Aquasil Ultra LV sobre silicona masilla Aquasil Soft Putty, Dentsply®) de la zona de la extracción para obtener un modelo de escayola. La impresión de silicona se vació con escayola (Vel-Mix Stone, ISO tipo IV, Kerr®) y posteriormente, se realizó el estudio de los tejidos adyacentes al 2º molar mediante la técnica de Microscopía Láser Confocal de Barrido (CLSM).

Por último, se revisó nuevamente la zona de extracción y se colocó una gasa sobre el alveolo, que el paciente debía morder, para realizar hemostasia.

C. Al mes y a los 3 meses de la extracción

En las visitas posteriores, se revisó la zona edéntula por si se había producido alguna complicación después de la extracción dental, y en su caso, estas fueron tratadas. Además, se tomaron nuevas impresiones de silicona de la zona para evaluar los cambios volumétricos en los tejidos adyacentes al 2º molar inferior.

D. Variables recogidas

Las variables personales y las características de la extracción recogidas durante el estudio, similares a las del apartado 2.2 de la presente Tesis Doctoral, fueron:

- Edad: se incluyeron paciente entre 18 y 65 años.
- Sexo
- Enfermedades: no se incluyeron en el estudio pacientes con problemas o enfermedades similares a los excluidos en el apartado 2.2 de la Tesis del estudio del alveolo post-extracción.
- Medicación: se anotaron los tratamientos que tomaban los pacientes incluidos en el estudio. No se incluyeron pacientes con medicaciones o tratamientos que alteraban el metabolismo óseo.
- Tabaco: se registraron el número de cigarrillos al día que consumían los pacientes con hábito tabáquico.
- Estado periodontal: se realizó un periodontograma, según lo explicado en el apartado 2.2, anotando el sangrado y la profundidad de sondaje del surco gingival.

Después de realizar el periodontograma a los individuos participantes en el estudio, se clasificó su nivel de salud periodontal según lo comentado anteriormente.

- Índice de placa: se anotó la cantidad de placa dental según el Índice de placa de Silness y Løe (11) simplificado. Los dientes que se exploraron fueron los propuestos por Ramfjord (12), y son los siguientes:

1.6	2.1	2.4
4.4	4.1	3.6

El código asignado según la cantidad de placa fue el siguiente:

- 0: No hay placa en la zona gingival.
- 1: Hay una película fina de placa que se adhiere al margen gingival libre y a la zona adyacente del diente. La placa sólo puede ser reconocida pasando una sonda a través de la superficie dental.
- 2: Acumulación moderada de depósitos blandos dentro de la bolsa gingival, sobre el margen gingival libre y/o adyacentes a la superficie dental. Se reconoce a simple vista.

- 3: Abundante material blando, grueso de 1-2 mm desde la bolsa gingival y/o sobre el margen gingival y la superficie dentaria adyacente.
Además, siguiendo estos criterios, se anotó la placa dental acumulada en el 2º molar inferior, situado mesialmente al 3º molar que iba a ser extraído.
- Diente extraído.
- Posición del 3º molar: se clasificó el cordal extraído según su posición en erupcionado (la corona del 3º molar no estaba cubierta por encía), submucoso (la corona estaba cubierta únicamente por encía) e incluido (la corona estaba cubierta también por hueso).
- Relación del 3º molar con respecto a la rama ascendente de la mandíbula y el segundo molar (13):
 - Clase I. Existe suficiente espacio entre la rama ascendente de la mandíbula y la parte distal del segundo molar para albergar todo el diámetro mesiodistal de la corona del tercer molar.
 - Clase II. El espacio entre la rama ascendente de la mandíbula y la parte distal del segundo molar es menor que el diámetro mesiodistal de la corona del tercer molar.
 - Clase III. Todo o casi todo el tercer molar está dentro de la rama de la mandíbula.
- Profundidad relativa del tercer molar en el hueso (13):
 - Posición A. El punto más alto del diente incluido está al nivel, o por arriba, de la superficie oclusal del segundo molar.
 - Posición B. El punto más alto del diente se encuentra por debajo de la línea oclusal pero por arriba de la línea cervical del segundo molar.
 - Posición C. El punto más alto del diente está al nivel, o debajo, de la línea cervical del segundo molar.
- Clasificación de Winter: esta clasificación valora la posición del 3º molar en relación con el eje longitudinal del segundo molar (14): mesioangular, horizontal, vertical, distoangular e invertido.
- Relación del cordal con las corticales externa e interna del hueso mandibular (14): medial, vestibuloversión o linguoversión.
- Colgajo: se indicó si se había requerido la realización de colgajo mucoperióstico.
- Ostectomía: en el caso de realizarse la ostectomía, la cantidad media de hueso eliminada se midió con la sonda periodontal y se contabilizó en milímetros.

- Odontosección.
- Tiempo de duración de la cirugía: en el caso de haber sido necesaria una extracción quirúrgica, se midió el tiempo desde la incisión hasta el final de la sutura de la herida quirúrgica, en minutos.
- Infección previa: se indicó si había habido infección previa a la exodoncia.
- Infección post-extracción: se evaluó si había habido una infección después de la extracción.
- Antibiótico pautado después de la extracción quirúrgica.

3. 3. Medidas recogidas con la CLSM

Las muestras se observaron utilizando un objetivo de 2,5x, con una magnificación de 25 aumentos. Las observaciones fueron hechas con una cuadrícula de 4x6 (4 secciones horizontales y 6 secciones verticales). Las secciones se registran en un tamaño de 4,8x6,4 mm² y una resolución lateral de 6,25x6,25 μm². Cada sección tenía una profundidad máxima de 10 mm.

Todas las mediciones se tomaron en 9 puntos del 2º molar inferior. La Figura III.25 muestra dichos puntos.

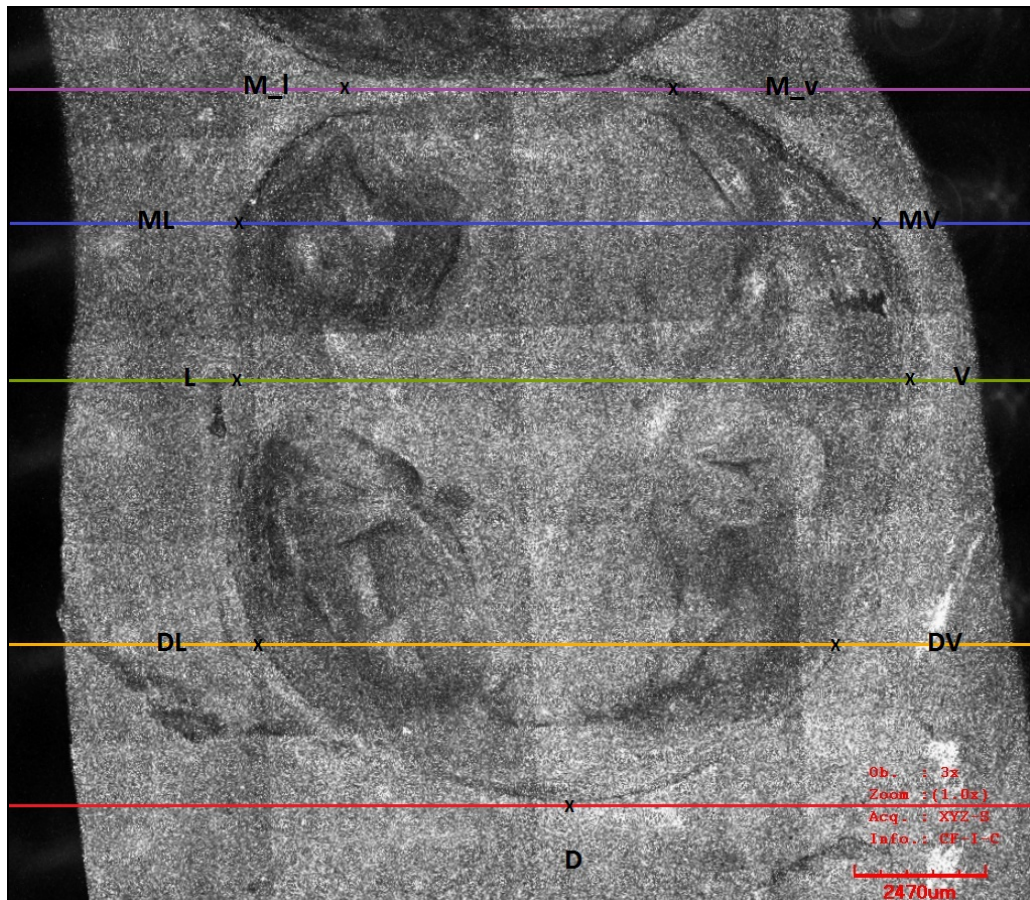


Figura III.25: Imagen tomada con el CLSM del 2º molar inferior derecho (4.7) que muestra los puntos utilizados para tomar las medidas de los cambios en los tejidos adyacentes al espacio de extracción. M_v: mesial, en la vertiente vestibular. M_l: mesial, en la vertiente lingual. MV: mesiovestibular. ML: mesiolingual. V: vestibular. L: lingual. DV: distovestibular. DL: distolingual. D: distal.

La medida recogida con la CLSM fue la *altura de los tejidos* del 2º molar inferior. Esta medida recoge la altura en los puntos mencionados anteriormente desde el punto más alto de la cúspide mesiolingual. La Figura III.26 muestra las medidas de la altura de la encía en los puntos vestibular, lingual y distal.

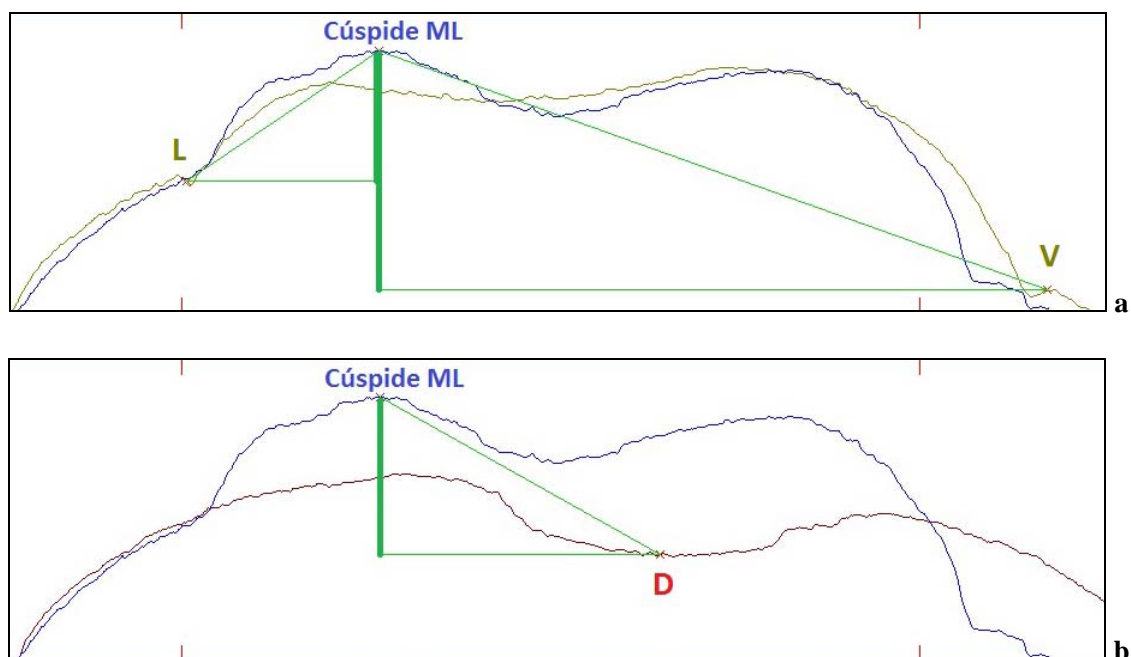


Figura III.26: Imágenes de las medidas de la altura de la encía recogidas mediante la CLSM. (a) Medidas de la altura en el punto vestibular y lingual. (b) Medida de la altura en el punto distal.

La pérdida vertical en cada uno de los puntos será igual a:

- **Pérdida vertical al mes (pv_1m):**

$$pv_1m = \text{Altura al mes} - \text{Altura inicial} \quad (\text{XXVII})$$

- **Pérdida vertical a los 3 meses (pv_3m):**

$$pv_3m = \text{Altura a los 3 meses} - \text{Altura inicial} \quad (\text{XXVIII})$$

- **Velocidad de pérdida vertical en el primer periodo (velpv_1p):** pérdida vertical al día durante el primer mes.

$$velpv_1p = \frac{\text{Pérdida vertical al mes}}{\text{Días transcurridos hasta la medición del primer mes}} \quad (\text{XIX})$$

- **Velocidad de pérdida vertical en el segundo periodo (velpv_2p):** pérdida vertical al día entre el tercer y el primer mes.

$$\text{velpv_2p} = \frac{\text{Pérdida vertical a los 3 meses} - \text{Pérdida vertical al mes}}{\text{Días transcurridos entre el tercer y el primer mes}} \quad (\text{XXX})$$

- **Velocidad de pérdida vertical total (velpv_total):** pérdida vertical al día en el periodo total (tres meses).

$$\text{velpv_total} = \frac{\text{Pérdida vertical a los 3 meses}}{\text{Días transcurridos hasta la medición del tercer mes}} \quad (\text{XXXI})$$

3. 4. Superposición de los tejidos adyacentes al 2º molar

Como se ha indicado en el apartado 2.4 de los cambios del alveolo post-extracción, también en este apartado se realizaron las superposiciones tridimensionales de los tejidos adyacentes al 2º molar mediante el software SigmaPlot® (Systat Software Inc., EE.UU.). La superposición (Figura III.27) de las reconstrucciones tridimensionales obtenidas al inicio, un mes y tres meses después de la extracción del 3º molar permite conocer la influencia de dicha extracción sobre los tejidos adyacentes al 2º molar inferior (Figura III.28).

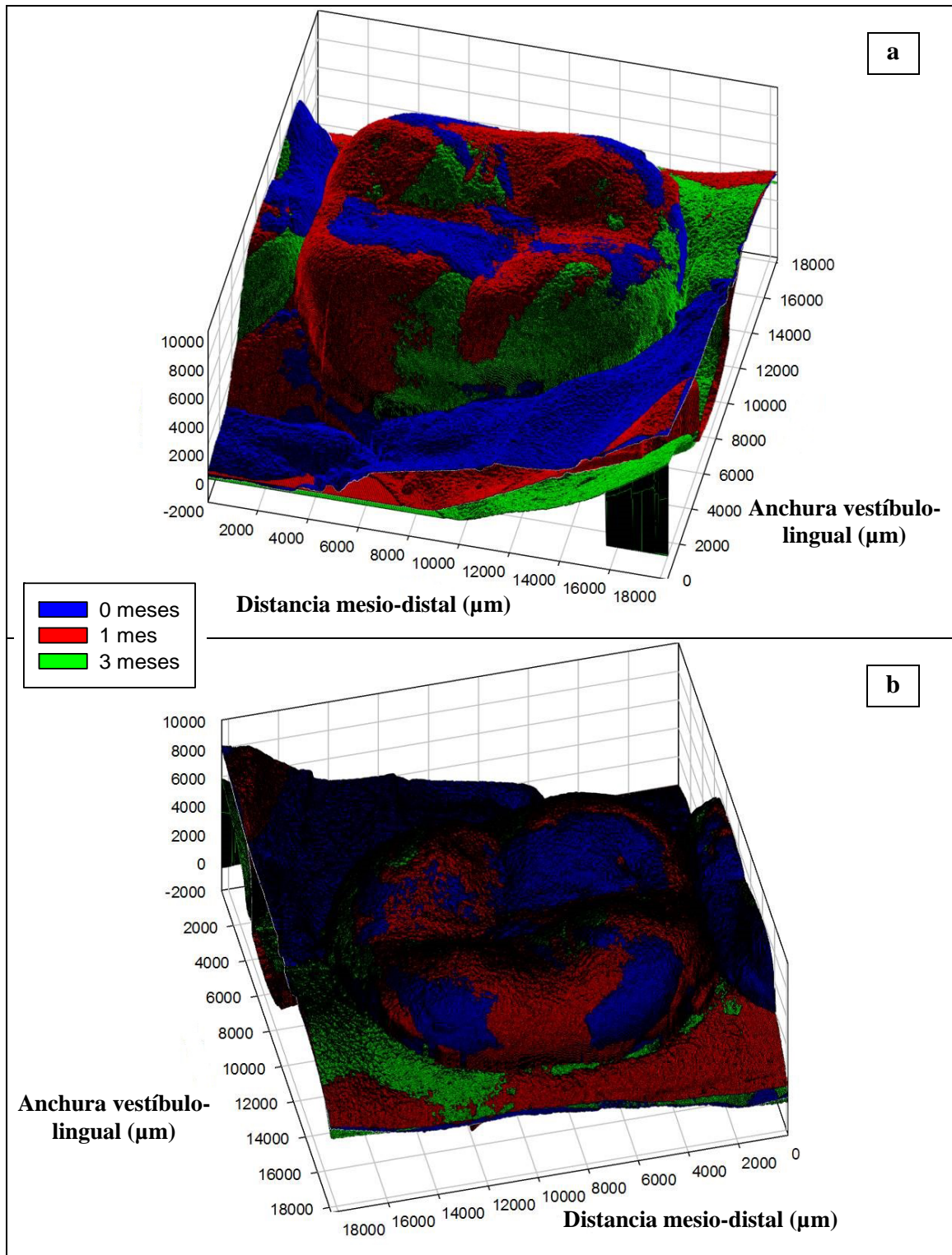


Figura III.27: Superposición de las imágenes tridimensionales del 2º molar inferior izquierdo (3.7) en el momento inicial, al mes y a los 3 meses de la extracción del 3º molar. (a) Vista vestibular. (b) Vista lingual.

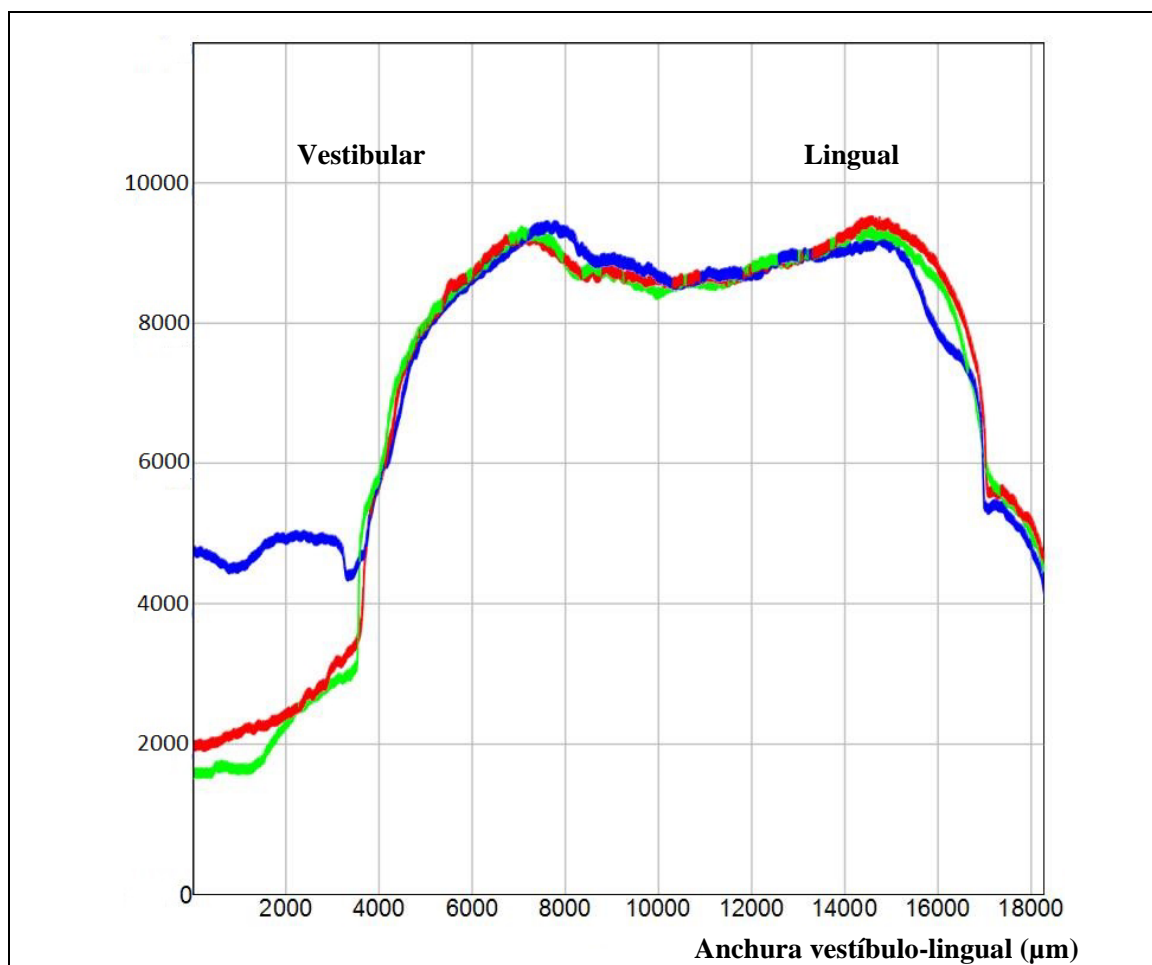


Figura III.28: Perfiles del 2º molar inferior izquierdo (3.7) en el momento inicial (línea azul), al mes (línea roja) y a los 3 meses (línea verde) de la extracción del cordal, obtenidos en la sección que pasa por el punto V-L.

4. TAMAÑO MUESTRAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para calcular el tamaño muestral se tomó como referencia la distancia mesio-distal por ser una de las más relevantes, requiriéndose 67 pacientes para estimar dicha distancia con una confianza del 90%, y asumiendo una desviación típica de 2500 μm (obtenida de un estudio previo (15)) y una precisión de $\pm 500 \mu\text{m}$ (en torno al 5% de la media de la distancia mesio-distal obtenida en el citado trabajo previo).

Todos los datos recogidos fueron analizados con el programa estadístico SPSS 17.0 (SPSS Inc., Chicago, IL), para evaluar los cambios morfológicos sufridos por el alveolo post-extracción y por los tejidos del 2º molar inferior adyacente a la extracción del cordal.

Además de los estadísticos descriptivos, se realizó un análisis inferencial. Para determinar si la distribución de las variables seguía una distribución normal se aplicó el test de Kolmogorov-Smirnov.

El test de Wilcoxon (prueba no paramétrica que permite comparar variables cuantitativas) se utilizó para comparar las distribuciones de las medidas entre las muestras originales y sus réplicas y determinar la fiabilidad de la técnica.

Como pruebas paramétricas se utilizaron el test t, el test F del ANOVA y el test de Pearson. En el caso de que las diferencias encontradas mediante un ANOVA fueran significativas, para saber entre qué grupos se presentaban, se obtuvieron los intervalos HSD de Tukey de comparación de medias entre los diferentes grupos.

Se utilizó un valor α de 5%, por tanto, se consideraron estadísticamente significativos los valores de p menores de 0,05.

Para obtener un modelo estadístico acerca de las medidas recogidas se utilizó la versión 2.15 del programa estadístico R (16). Para obtener los modelos se utilizaron diferentes técnicas para comparar los resultados y valorar si estos eran fiables. Los métodos de ajuste aplicados fueron la técnica de mínimos cuadrados, métodos de regresión robusta y métodos Bootstrap.

5. ÉTICA Y CONFIDENCIALIDAD

Todos los pacientes firmaron un consentimiento informado en el que se explicaba con detalle los objetivos del estudio, su diseño y los plazos de ejecución. Una copia de dicho consentimiento se encuentra en el **Anexo III**. Además, se les facilitó una hoja informativa por si les surgían dudas acerca de la investigación, así como la forma de contactar con la doctoranda para que pudieran aclarar sus dudas (**Anexo IV**).

Los datos personales y de contacto de los participantes fueron codificados y sólo conocidos por la doctoranda.

El estudio fue aprobado por el Comité de Ética de Investigación Clínica (CEIC) del Hospital Universitario Dr. Peset de Valencia (número CEIC: 30/11), (**Anexo V**).

Por último, dicho estudio no presentó ningún conflicto de intereses.

6. BIBLIOGRAFÍA

- (1) Kumar V, Aeran H. Evaluation of effect of tray space on the accuracy of condensation silicone, addition silicone and polyether impression materials: an in vitro study. *J Indian Prosthodont Soc.* 2012; 12(3): 154-60.
- (2) Singh K, Sahoo S, Prasad KD, Goel M, Singh A. Effect of different impression techniques on the dimensional accuracy of impressions using various elastomeric impression materials: an in vitro study. *J Contemp Dent Pract.* 2012; 13(1): 98-106.
- (3) Pereira JR, Murata KY, Valle AL, Ghizoni JS, Shiratori FK. Linear dimensional changes in plaster die models using different elastomeric materials. *Braz Oral Res.* 2010; 24(3): 336-41.
- (4) Aguilar ML, Elias A, Vizcarrondo CE, Psoter WJ. Analysis of three-dimensional distortion of two impression materials in the transfer of dental implants. *J Prosthet Dent.* 2010; 103(4): 202-9.
- (5) Faria AC, Rodrigues RC, Macedo AP, Mattos MG, Ribeiro RF. Accuracy of stone casts obtained by different impression materials. *Braz Oral Res.* 2008; 22(4): 293-8.
- (6) Chen SY, Liang WM, Chen FN. Factors affecting the accuracy of elastometric impression materials. *J Dent.* 2004; 32(8): 603-9.
- (7) Thongthammachat S, Moore BK, Barco MT, Hovijitra S, Brown DT, Andres CJ. Dimensional accuracy of dental casts: influence of tray material, impression material, and time. *J Prosthodont.* 2002; 11(2): 98-108.
- (8) Rahman S, Maillou P, Barker D, Donachie M. Radiotherapy and the oral environment the effects of radiotherapy on the hard and soft tissues of the mouth and its management. *Eur J Prosthodont Restor Dent.* 2013; 21(2): 80-7.
- (9) Allen MR, Kubek DJ, Burr DB, Ruggiero SL, Chu TM. Compromised osseous healing of dental extraction sites in zoledronic acid-treated dogs. *Osteoporos Int.* 2011; 22(2): 693-702.
- (10) Sonis ST, Watkins BA, Lyng GD, Lerman MA, Anderson KC. Bony changes in the jaws of rats treated with zoledronic acid and dexamethasone before dental extractions mimic bisphosphonate-related osteonecrosis in cancer patients. *Oral Oncol.* 2009; 45(2): 164-72.

- (11) Silness J, Løe H. Periodontal disease in pregnancy II. Correlation between oral hygiene and periodontal conditions. *Acta Odontol Scand.* 1964; 22: 112-35.
- (12) Ramfjord SP. Indices for prevalence and incidence of periodontal disease. *J Periodontol.* 1959; 30: 51-9.
- (13) Pell GJ, Gregory BT. Impacted mandibular third molars: classification and modified techniques for removal. *Dent Digest.* 1933; 39: 330-8.
- (14) Gay-Escoda C, Berini-Aytés L. *Tratado de cirugía bucal.* Madrid: Ergón; 2004.
- (15) García-Herraiz A, Leiva-García R, Canigral-Ortiz A, Silvestre FJ, García-Antón J. Confocal laser scanning microscopy for the study of the morphological changes of the postextraction sites. *Microsc Res Tech.* 2012; 75(4): 513-9.
- (16) R Core Team (2012). *R: A language and environment for statistical computing.* R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0. URL <http://www.R-project.org/>.

IV. RESULTADOS

IV. RESULTADOS

1. FIABILIDAD DE LA TÉCNICA

En este apartado, se compararon las medidas morfológicas correspondientes a las alturas y longitudes verticales y horizontales (h_v : altura vertical, h_h : altura horizontal, l_v : longitud vertical, l_h : longitud horizontal) de los modelos de escayola obtenidos mediante impresiones de silicona a dientes naturales (réplicas) con los dientes originales. En total se analizaron con la CLSM 12 réplicas de escayola que fueron comparadas con sus 12 muestras de los dientes originales.

La Tabla IV.1 muestra la media y la desviación típica (DT) de las medidas tomadas en las muestras originales y sus réplicas, así como la media y la DT de las diferencias entre ambos grupos.

Tabla IV.1: Descriptivos de las medidas tomadas en las muestras originales y sus réplicas, así como de las diferencias entre ambos.

Medida	Originales		Réplicas		Diferencia	
	Media	DT	Media	DT	Media	DT
l_v	12665,7	1206,8	12719,4	1162,0	-53,7	79,2
h_v	4925,9	1289,9	4991,9	1334,9	-66,0	171,7
l_h	13136,4	1536,4	13163,5	1535,7	-27,1	65,2
h_h	4362,0	933,6	4396,8	985,3	-34,9	120,1

DT: desviación típica. Diferencia: diferencia entre las medidas de las muestras originales y las medidas de las réplicas. Todas las medidas se refieren a micras (μm).

Al comparar las diferentes medidas de los dientes originales con las de las réplicas, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en las alturas vertical (h_v) y horizontal (h_h), ni en las longitudes vertical (l_v) y horizontal (l_h) ($p > 0,05$; test de Wilcoxon). Esto indica que no se aprecian diferencias entre la muestra del diente natural y las muestras de escayola obtenidas mediante la toma de impresiones. Se puede concluir, por tanto, que la toma de impresiones de silicona y su posterior vaciado con escayola es una técnica fiable y precisa para la reproducción de la morfología de los tejidos de la cavidad oral.

En la Figura IV.1 se comparan, mediante un diagrama de cajas, las medidas tomadas en micras (μm) en las muestras originales y las réplicas, apreciándose la similitud de las mismas.

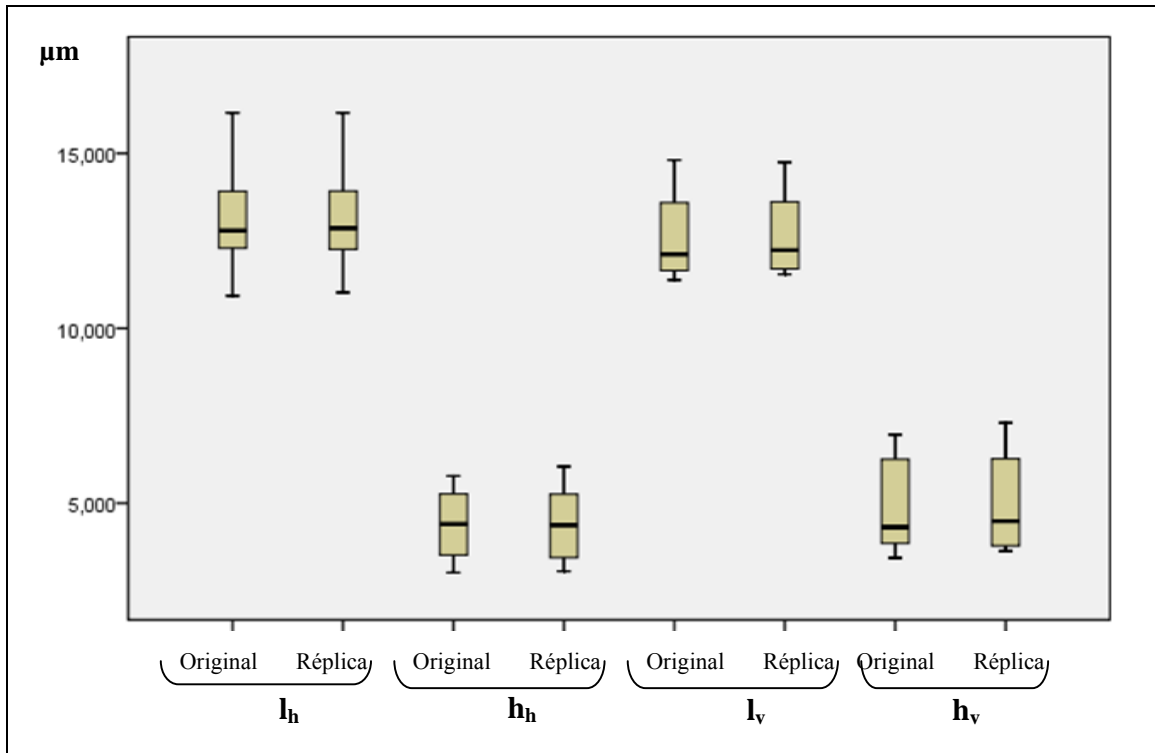


Figura IV.1: Diagrama de cajas de las medidas tomadas en las muestras originales y en las réplicas de escayola. Se observa la similitud en las medias así como en la dispersión de las medidas.

2. ESTUDIO DEL ALVEOLO POST-EXTRACCIÓN

En este apartado se indican exclusivamente los resultados obtenidos para cada variable estudiada una vez tratadas las medidas dimensionales. No se incluyen las medidas dimensionales, obtenidas mediante CLSM, ya que generan una matriz de 82 filas (participantes) x 60 columnas (mediciones realizadas en el momento de la extracción, al mes y a los 3 meses en los 5 puntos de medida). Con el tratamiento de dichas mediciones la matriz asciende a 82 filas x 228 columnas (medidas dimensionales, variables, tratamiento de las medidas y obtención de resultados).

2. 1. Descripción de la muestra

El total de pacientes que fueron incluidos en el estudio fue de 99. De estos 99 pacientes, 17 no acudieron a la revisión del primer mes, quedando la muestra reducida a 82 participantes. A la revisión de los 3 meses post-extracción acudieron 74 de estos participantes.

La media de los días transcurridos hasta la medición del primer mes post-extracción fue de 32,2 días y al tercer mes, de 93,5 días.

A. Edad

Los pacientes que participaron en el estudio tenían edades comprendidas entre los 18 y los 65 años. La edad media de los participantes que formaron parte de los grupos de comparación al mes y a los 3 meses de la extracción se muestra en la Tabla IV.2.

Tabla IV.2. Descriptivos de la edad de los pacientes participantes en el estudio.

	N	Media	DT
Al mes de la extracción	82	38,7	14,1
A los 3 meses de la extracción	74	39,4	14,2
N: número de casos. DT: desviación típica. Las medidas se refieren a años.			

B. Sexo

La distribución de la muestra en cuanto al sexo se muestra en la Tabla IV.3. Se observa que a los 3 meses hubo un mayor porcentaje de hombres debido a un mayor número de mujeres que no acudieron a la revisión final.

Tabla IV.3. Descriptivos del sexo de los pacientes participantes en el estudio.

	N	Hombres	Mujeres
Al mes de la extracción	82	47 (57,3 %)	35 (42,7 %)
A los 3 meses de la extracción	74	46 (62,2 %)	28 (37,8 %)
N: número de casos. Entre paréntesis se indica el porcentaje que representa el grupo en la muestra.			

C. Enfermedades y medicación

La Tabla IV.4 muestra la distribución de la muestra en cuanto a las enfermedades presentadas por los pacientes. En todos los casos, las enfermedades no impedían el tratamiento dental ambulatorio ni alteraban el metabolismo óseo. Las enfermedades que presentaban los participantes fueron: hipertensión arterial, hipercolesterolemia, dispepsia, anemia, depresión, migraña y vegetaciones.

La distribución de los fármacos empleados por los participantes se muestra en la Tabla IV.5.

Tabla IV.4. Descriptivos de la enfermedad de los pacientes participantes en el estudio.

	N	Sano	Enfermo
Al mes de la extracción	82	56 (68,3 %)	26 (31,7 %)
A los 3 meses de la extracción	74	50 (67,6 %)	24 (32,4 %)
N: número de casos. Entre paréntesis se indica el porcentaje que representa el grupo en la muestra.			

Tabla IV.5. Descriptivos de los tratamientos empleados por los pacientes.

	Sin tratamiento	IECA-ARAI	Estatinas	IBP	Otros
Al mes de la extracción	56 (68,3 %)	10 (12,2 %)	7 (8,5 %)	6 (7,3 %)	12 (14,6 %)
A los 3 meses de la extracción	51 (68,9 %)	10 (13,5 %)	7 (9,5 %)	5 (6,8 %)	11 (14,9 %)

IECA: Inhibidor de la enzima convertidora de la angiotensina. ARA II: Antagonista del receptor de la angiotensina II. IBP: Inhibidor de la bomba de protones. Otros: anticonceptivos, hierro, AAS, sumatriptan, topiramato. Se indica el número de casos y entre paréntesis el porcentaje que representa el grupo en la muestra. Los porcentajes se han obtenido en comparación con los participantes en los que no estaba prescrito dicho tratamiento.

D. Tabaco

La Tabla IV.6 muestra la distribución de la variable tabaco, así como el número medio de cigarrillos consumidos por los participantes. El número de cigarrillos que consumían los participantes fumadores osciló de 4 a 30 cigarrillos al día.

Tabla IV.6. Descriptivos de la variable tabaco.

	N	No fumadores	Fumadores	Media de cigarrillos/día
Al mes de la extracción	82	51 (62,2 %)	31 (37,8 %)	15,2
A los 3 meses de la extracción	74	45 (60,8 %)	29 (39,2 %)	15,4

N: número de casos. Entre paréntesis se indica el porcentaje que representa el grupo en la muestra.

E. Estado periodontal

La distribución del estado periodontal se muestra en la Tabla IV.7.

Tabla IV.7. Descriptivos de la salud periodontal de los pacientes del estudio.

	Sanos	Gingivitis	Periodontitis		
			Inicial	Moderada	Severa
Al mes de la extracción	14 (17,1 %)	15 (18,3 %)	36 (43,9 %)	11 (13,4 %)	6 (7,3 %)
A los 3 meses de la extracción	12 (16,2 %)	13 (17,6 %)	32 (43,2 %)	11 (14,9 %)	6 (8,1 %)

Se indica el número de casos y entre paréntesis el porcentaje que representa el grupo en la muestra.

F. Diente extraído

Las siguientes Tablas IV.8- IV.10 muestran la distribución de las variables que identifican el diente extraído.

Tabla IV.8. Descriptivos de la variable pieza dental.

	N	Diente	Resto radicular
Al mes de la extracción	82	47 (57,3 %)	35 (42,7 %)
A los 3 meses de la extracción	74	42 (56,8 %)	32 (43,2 %)

N: número de casos. Entre paréntesis se indica el porcentaje que representa el grupo en la muestra.

Tabla IV.9. Descriptivos de la variable tipo dental.

	Anterior	Premolar	Molar
Al mes de la extracción	9 (11 %)	29 (35,4 %)	44 (53,6 %)
A los 3 meses de la extracción	8 (10,8 %)	24 (32,4 %)	42 (56,8 %)

N: número de casos. Entre paréntesis se indica el porcentaje que representa el grupo en la muestra.

Tabla IV.10. Descriptivos de la variable localización.

	N	Inferior	Superior
Al mes de la extracción	82	26 (31,7 %)	56 (68,3 %)
A los 3 meses de la extracción	74	23 (31,1 %)	51 (68,9 %)

N: número de casos. Entre paréntesis se indica el porcentaje que representa el grupo en la muestra.

G. Causa de la extracción

Las causas de extracción recogidas en el estudio fueron: caries, fracaso del tratamiento endodóncico, traumatismo e indicación ortodóncica. La Tabla IV.11 muestra la distribución de dicha variable.

Tabla IV.11. Descriptivos de la variable causa de extracción.

	Caries	Fracaso del tratamiento endodóncico	Traumatismo	Indicación ortodóncica
Al mes de la extracción	69 (84,1 %)	7 (8,5 %)	3 (3,7 %)	3 (3,7 %)
A los 3 meses de la extracción	61 (82,4 %)	7 (9,5 %)	3 (4,1 %)	3 (4,1 %)

N: número de casos. Entre paréntesis se indica el porcentaje que representa el grupo en la muestra.

K. Infección

La Tabla IV.12 muestra la distribución de la infección presentada en los dientes extraídos.

Tabla IV.12. Descriptivos de la variable infección.

	No	Si	
		Periapical	Periodontal
Al mes de la extracción	38 (46,3 %)	40 (48,8 %)	4 (4,9 %)
A los 3 meses de la extracción	32 (43,2 %)	38 (51,4 %)	4 (5,4 %)

N: número de casos. Entre paréntesis se indica el porcentaje que representa el grupo en la muestra.

L. Antagonista

No hubo ningún diente distal al espacio de extracción que ocluyera con una restauración protésica, por tanto, si había antagonista, este se trató en todos los casos de un diente natural. La Tabla IV.13 muestra la distribución de la variable antagonista.

Tabla IV.13. Descriptivos de la variable antagonista.

	N	Sin antagonista	Con antagonista
Al mes de la extracción	82	18 (22 %)	64 (78 %)
A los 3 meses de la extracción	74	17 (23 %)	57 (77 %)
N: número de casos. Entre paréntesis se indica el porcentaje que representa el grupo en la muestra.			

M. Tipo de extracción

La distribución de la variable tipo de extracción se muestra en la Tabla IV.14. La extracción complicada engloba a aquellas extracciones que requirieron ostectomía u odontosección.

Tabla IV.14. Descriptivos de la variable tipo de extracción.

	N	Simple	Complicada
Al mes de la extracción	82	72 (87,8 %)	10 (12,2 %)
A los 3 meses de la extracción	74	66 (89,2 %)	8 (10,8 %)
N: número de casos. Entre paréntesis se indica el porcentaje que representa el grupo en la muestra.			

N. Complicaciones aparecidas después de la extracción.

Las complicaciones que aparecieron post-extracción fueron: alveolitis seca, granuloma piógeno y comunicación oro-sinusal. La distribución de las complicaciones se muestra en la Tabla IV.15.

Tabla IV.15. Descriptivos de la variable complicaciones.

	N	Sin complicaciones	Con complicaciones
Al mes de la extracción	82	77 (93,9 %)	5 (6,1 %)
A los 3 meses de la extracción	74	69 (93,2 %)	5 (6,8 %)
N: número de casos. Entre paréntesis se indica el porcentaje que representa el grupo en la muestra.			

O. Normalidad de la muestra

La mayoría de las variables cuantitativas seguían una distribución normal ($p > 0,05$; Kolmogorov- Smirnov). Este hecho y el tamaño muestral permitieron el uso de pruebas paramétricas.

2. 2. Distancia mesio-distal

La distancia mesio-distal mide la distancia entre los dientes adyacentes al lugar de extracción. A partir de la medición de la distancia mesio-distal en el momento de la extracción, al mes y a los 3 meses post-extracción se obtuvo el movimiento mesio-distal y la velocidad de movimiento. Además, se comparó dichas mediciones con las diferentes variables y se obtuvo un modelo de regresión para la velocidad de movimiento mesio-distal.

A. Movimiento mesio-distal.

El movimiento mesio-distal es el movimiento ocurrido entre dos mediciones de la distancia mesio-distal separadas en el tiempo. Se indica de esta forma el movimiento de los dientes hacia el espacio edéntulo. Las Tablas IV.16 y IV.17 muestran la media y el intervalo de confianza al 95% (IC 95%) del movimiento mesio-distal al mes y a los tres meses de la extracción, y el porcentaje de movimiento con respecto a la distancia inicial.

Tabla IV.16. Movimiento mesio-distal al mes y a los 3 meses de la extracción

Punto de medida	mov_1m			mov_3m		
	Media	IC 95%		Media	IC 95%	
		Inferior	Superior		Inferior	Superior
1	317,1	145,6	488,6	700,1	418,3	981,9
2	321,7	178,8	464,7	702,5	462,5	942,5
3	343,4	194,1	492,7	672,3	439,3	905,4
4	321,3	178,5	464,1	641,8	424,3	859,3
5	402,9	230,8	575,0	589,5	370,2	808,8

IC 95%: Intervalo de confianza al 95%. Todas las medidas se refieren a micras (μm). El valor positivo en la media significa una disminución de la distancia mesio-distal.

Tabla IV.17. Porcentaje de movimiento mesio-distal al mes y a los 3 meses con respecto a la distancia mesio-distal inicial.

Punto de medida	pmov_1m			pmov_3m		
	Media	IC 95%		Media	IC 95%	
		Superior	Inferior		Superior	Inferior
1	1,7	2,7	0,8	3,9	5,5	2,3
2	2,7	3,9	1,5	6,2	8,2	4,1
3	3,1	4,5	1,8	6,3	8,5	4,2
4	2,7	4,0	1,5	5,7	7,6	3,8
5	2,7	3,9	1,5	3,9	5,3	2,5

IC 95%: Intervalo de confianza al 95%. Todas las medidas se refieren a porcentaje (%). El valor positivo en la media significa una disminución de la distancia mesio-distal.

Los resultados reflejan una disminución de la distancia mesio-distal al mes de la extracción que prosigue a los 3 meses de la exodoncia en los 5 puntos de medida.

B. Velocidad de movimiento.

La velocidad de movimiento mide el movimiento mesio-distal al día. El primer periodo se contabiliza desde el momento inicial hasta la revisión del primer mes. El segundo periodo se extiende entre la revisión del primer mes y la del tercero. El periodo total se prolonga durante todo el estudio, es decir, desde el momento de la extracción hasta la revisión del tercer mes. La Tabla IV.18 muestra la velocidad de movimiento mesio-distal al día durante el primer, el segundo periodo y el periodo total.

Tabla IV.18. Velocidad de movimiento en el primer periodo, segundo periodo y en el periodo total.

Punto de medida	velmov_1p			velmov_2p			velmov_total		
	Media	IC 95%		Media	IC 95%		Media	IC 95%	
		Superior	Inferior		Superior	Inferior		Superior	Inferior
1	9,3	13,9	4,8	6,0	9,2	2,9	7,7	10,9	4,5
2	9,4	12,8	6,0	6,2	8,5	3,8	7,6	10,3	4,9
3	10,3	14,1	6,5	5,4	7,5	3,2	7,3	9,9	4,6
4	9,7	13,4	6,0	5,3	7,4	3,2	7,0	9,4	4,5
5	12,4	17,4	7,5	3,5	6,0	1,0	6,4	8,9	3,9

IC 95%: Intervalo de confianza al 95%. Todas las medidas se refieren a micras al día ($\mu\text{m}/\text{día}$). El valor positivo en la media significa la velocidad en micras al día con la que disminuye la distancia mesio-distal.

Los resultados de analizar las velocidades de movimiento en cada uno de los puntos de medida con el test t indican que la velocidad media a la que se reduce la distancia mesio-distal en el primer, segundo y periodo total son claramente significativas ($p < 0,05$; test t) en todos los casos.

Al comparar la velocidad media de reducción de la distancia mesio-distal entre el primer y el segundo periodo, se encontraron diferencias estadísticamente significativas en todos los puntos de medida excepto en el punto 1 (Tabla IV.19). Los resultados muestran diferencias significativas entre la velocidad de movimiento del primer y del segundo periodo, siendo ésta mayor en el primer periodo (a excepción del punto 1 de medida). Por tanto, la velocidad con la que disminuye la distancia mesio-distal sería mayor durante el primer mes post-extracción.

Tabla IV.19. Diferencias en la velocidad de movimiento entre el primer periodo y el segundo periodo (velmov_1p - velmov_2p)

Punto de medida	Media	IC 95% para la diferencia		Valor p
		Superior	Inferior	
1	4,3	9,4	-0,7	0,092
2	3,9	6,9	0,9	0,011
3	5,6	9,3	1,9	0,003
4	4,9	8,8	1,1	0,013
5	8,9	14,9	2,9	0,004

IC 95%: Intervalo de confianza al 95%. Todas las medidas se refieren a micras al día ($\mu\text{m}/\text{día}$). El valor positivo en la media significa la diferencia entre la velocidad en micras al día con la que disminuye la distancia mesio-distal entre el primer periodo y el segundo. Prueba utilizada: test t.

C. Comparación de medias de las velocidades de movimiento al día

La comparación de medias con las diferentes variables se realizó en cada uno de los 5 puntos de medida, pero para no hacer excesivamente extensa la Tesis Doctoral, los resultados descritos sólo hacen referencia al punto central del alveolo post-extracción (punto 3). Se prefirió hacer el análisis univariante con la velocidad de movimiento al día en lugar que con el movimiento, por ser dicha medida más exacta en cuanto al tiempo en cada medición.

La comparación de medias se realizó mediante un ANOVA. La Tabla IV.20 muestra los resultados obtenidos.

Tabla IV.20. Resultados del análisis de la varianza para la velocidad de movimiento en el primer periodo, segundo periodo y periodo total.

Variables	velmov_1p	velmov_2p	velmov_total
Sexo	p= 0,724	p= 0,388	p= 0,584
Enfermedades	p= 0,026 Menor velocidad en los pacientes que sí presentaban enfermedades. No= 13,1 $\mu\text{m}/\text{día}$ Sí= 4,1 $\mu\text{m}/\text{día}$	p= 0,066	p= 0,037 Menor velocidad en los pacientes que sí presentaban enfermedades. No= 9,1 $\mu\text{m}/\text{día}$ Sí= 3,2 $\mu\text{m}/\text{día}$
Medicación (estatinas, IBP, antihipertensivos, otros tratamientos)	p>0,05	p>0,05	p>0,05
Tabaco	p= 0,561	p= 0,088	p= 0,161
Estado periodontal	p= 0,751	p= 0,659	p= 0,949
Pieza	p= 0,009	p= 0,027	p= 0,008
	Menor velocidad en las extracciones de restos radiculares (RR).		
	D= 14,5 $\mu\text{m}/\text{día}$ RR= 4,7 $\mu\text{m}/\text{día}$	D= 7,5 $\mu\text{m}/\text{día}$ RR= 2,7 $\mu\text{m}/\text{día}$	D= 10,4 $\mu\text{m}/\text{día}$ RR= 3,4 $\mu\text{m}/\text{día}$
Diente	p= 0,000	p= 0,016	p= 0,002
	Menor velocidad en los dientes del grupo anterior (anteriores y premolares)		
	Grupo anterior (A y Pm)= 3,4 $\mu\text{m}/\text{día}$ M= 16,3 $\mu\text{m}/\text{día}$	Grupo anterior (A y Pm)= 2,4 $\mu\text{m}/\text{día}$ M= 7,7 $\mu\text{m}/\text{día}$	Grupo anterior (A y Pm)= 2,8 $\mu\text{m}/\text{día}$ M= 10,8 $\mu\text{m}/\text{día}$
Localización	p= 0,435	p= 0,571	p= 0,643
Causa de extracción	p= 0,911	p= 0,880	p= 0,916
Infección	p= 0,184	p= 0,354	p= 0,281
Antagonista	p= 0,013	p= 0,000	p= 0,001
	Mayor velocidad si no había antagonista		
	No= 20,0 $\mu\text{m}/\text{día}$ Si= 8,0 $\mu\text{m}/\text{día}$	No= 13,5 $\mu\text{m}/\text{día}$ Si= 3,2 $\mu\text{m}/\text{día}$	No= 15,9 $\mu\text{m}/\text{día}$ Si= 5,0 $\mu\text{m}/\text{día}$
Tipo de extracción	p= 0,895	p= 0,554	p= 0,918
El valor positivo en la media significa la velocidad en micras al día con la que disminuye la distancia mesio-distal. RR: resto radicular. D: diente. A: anteriores (incisivos y caninos). Pm: premolares. M: molares			

Los resultados muestran diferencias estadísticamente significativas en la velocidad media de movimiento mesio-distal dependiendo de la variable enfermedades, siendo dicha velocidad mayor en los pacientes **sanos**. También se encontró una velocidad media menor en las extracciones de **restos radiculares**. Asimismo, la velocidad media de movimiento mesio-distal fue diferente dependiendo del diente exodonciado, siendo mayor en los **molares**. Por último, se halló una mayor velocidad de movimiento mesio-distal en las extracciones en las que el diente distal al espacio edéntulo no tenía **antagonista**. En el resto de las variables consideradas no se encontraron diferencias estadísticamente significativas.

D. Modelo de regresión para la velocidad de movimiento mesio-distal.

El modelo de regresión se realizó para la variable velocidad de movimiento total en el punto 3 (velmov_total), siendo esta una medida ponderada de las velocidades en el primer y en el segundo periodo (velmov_1p, velmov_2p) atendiendo al tiempo transcurrido. Al calcular los casos potencialmente influyentes (datos con importante *leverage*, datos con residuos studentizados importantes, dato con mayor distancia de Cook) se obtuvo que el caso 29 era muy influyente, por lo que decidió eliminarse del modelo. Se tomó esta decisión ya que el caso 29 era un caso atípico que difería mucho del resto de las mediciones y que influía de manera importante en la confección del modelo de regresión, al tener datos muy discordantes con el resto de los casos incluidos en el estudio. El modelo conseguido mediante la técnica de mínimos cuadrados se muestra en la Tabla IV.21. Este modelo fue corroborado mediante técnicas de regresión robustas y técnicas Bootstrap, lográndose resultados similares.

Tabla IV.21. Modelo de regresión para la velocidad de movimiento mesio-distal total en el punto 3.

Coeficientes	Valor	Error estándar	Valor t	Pr (> t)
Constante	33,5	7,4	4,546	2,70e-05 ***
Sexo: Mujer	-2,2	1,8	-1,203	0,23382
Pieza: RR	-5,3	1,7	-3,116	0,00281 **
Tipo: M	1,1	3,4	0,315	0,75359
Tipo: Pm	-7,7	3,2	-2,423	0,01842 *
Localización: Superior	3,3	1,9	1,768	0,07909
Antagonista: Si	-8,8	2,1	-4,240	7,85e-05 ***
Tipo de extracción: Complicada	-5,3	2,8	-1,908	0,06124 .
Edad	-0,2	0,1	-2,935	0,00472 **
Tabaco	-0,2	0,1	-2,375	0,02078 *
Distancia mesio-distal inicial	-0,0008	0,0005	-1,640	0,10622
Residual standard error: 6,335 on 60 degrees of freedom				
Multiple R-squared: 0,4773			Adjusted R-squared: 0,3902	
F-statistic: 5,479 on 10 and 60 degrees of freedom			p-value: 9,81e-06	

El porcentaje de la variabilidad total que consigue predecir este modelo fue del 47,73%.

Según este análisis multivariante, si el resto de variables se mantienen constantes y dos extracciones sólo difieren en el tipo de pieza extraída, la velocidad de movimiento mesio-distal sería significativamente menor cuando se extrae un **resto radicular**. De manera similar, la velocidad de movimiento mesio-distal sería menor cuando el diente distal al espacio edéntulo contacta con un **antagonista**, y mayor en **molares**. La **edad** influiría también de forma significativa, encontrándose una menor velocidad de movimiento en pacientes más mayores.

2. 3. Anchura vestibulo-lingual

A partir de la medición de la anchura vestibulo-lingual en el momento de la extracción, al mes y a los 3 meses post-extracción se obtuvo la remodelación vestibulo-lingual y la velocidad de remodelación. Además, se compararon dichas mediciones con las diferentes variables y se obtuvo un modelo de regresión para la velocidad de remodelación vestibulo-lingual.

A. Remodelación vestibulo-lingual

La remodelación vestibulo-lingual es la diferencia ocurrida entre dos mediciones de la anchura vestibulo-lingual separadas en el tiempo. Se indica de esta forma la remodelación horizontal en el espacio edéntulo. Las Tablas IV.22 y IV.23 muestran la media y el IC 95% de la remodelación vestibulo-lingual al mes y a los tres meses de la extracción, y el porcentaje de remodelación con respecto a la distancia inicial.

Tabla IV.22. Remodelación vestibulo-lingual al mes y a los 3 meses de la extracción

Punto de medida	rem_1m			rem_3m		
	Media	IC 95%		Media	IC 95%	
		Inferior	Superior		Inferior	Superior
1	1640,1	1297,5	1982,7	2374,6	1950,7	2798,4
2	3478,9	3009,1	3948,6	5091,5	4490,1	5693,0
3	4100,7	3633,7	4567,8	6147,8	5535,0	6760,6
4	3489,5	3029,5	3949,5	5212,8	4622,9	5802,7
5	2159,0	1764,8	2553,1	2994,4	2486,2	3502,5

IC 95%: Intervalo de confianza al 95%. Todas las medidas se refieren a micras (μm). El valor positivo en la media significa una reducción en la anchura vestibulo-lingual.

Tabla IV.23. Porcentaje de remodelación vestibulo-lingual al mes y a los 3 meses con respecto a la anchura vestibulo-lingual inicial.

Punto de medida	prem_1m			prem_3m		
	Media	IC 95%		Media	IC 95%	
		Inferior	Superior		Inferior	Superior
1	13,0	10,3	15,7	19,0	16,0	22,1
2	24,1	21,3	26,9	35,3	31,9	38,6
3	26,6	24,1	29,2	39,4	36,1	42,6
4	23,4	20,7	26,1	34,5	31,3	37,8
5	16,1	13,5	18,7	22,0	18,7	25,4

IC 95%: Intervalo de confianza al 95%. Todas las medidas se refieren a porcentaje (%). El valor positivo en la media significa una reducción en la anchura vestibulo-lingual.

Los resultados muestran una disminución de la anchura vestibulo-lingual al mes de la extracción que prosigue a los 3 meses de la exodoncia en los 5 puntos de medida. La mayor reducción se genera en el punto central (punto 3 de medida).

B. Velocidad de remodelación.

La velocidad de remodelación mide la remodelación vestibulo-lingual al día. La Tabla IV.24 muestra la velocidad de remodelación vestibulo-lingual al día durante el primer, el segundo periodo y el periodo total.

Tabla IV.24. Velocidad de remodelación en el primer periodo, segundo periodo y en el periodo total.

Punto de medida	velrem_1p			velrem_2p			velrem_total		
	Media	IC 95%		Media	IC 95%		Media	IC 95%	
		Inferior	Superior		Inferior	Superior		Inferior	Superior
1	54,0	42,1	65,8	11,0	7,4	14,6	25,8	21,0	30,6
2	110,8	96,3	125,3	24,9	19,7	30,0	55,6	48,7	62,4
3	132,3	117,1	147,6	32,8	26,7	38,9	67,1	60,2	74,0
4	112,6	97,5	127,8	28,7	22,5	34,9	57,2	50,2	64,1
5	71,7	58,5	85,0	13,7	8,0	19,4	33,1	27,3	38,9

IC 95%: Intervalo de confianza al 95%. Todas las medidas se refieren a micras al día ($\mu\text{m}/\text{día}$). El valor positivo en la media significa una reducción en la anchura vestibulo-lingual.

Los resultados de analizar las velocidades de remodelación en los cinco puntos de medida con el test t indican que la velocidad media a la que se reduce la anchura vestibulo-lingual en el primer, segundo y periodo total son claramente significativas ($p < 0,05$; test t) en todos los casos. El punto con mayor velocidad de remodelación fue el punto central del alveolo (punto 3).

Al comparar la velocidad media de reducción de la anchura vestibulo-lingual entre el primer y el segundo periodo, se encontraron diferencias estadísticamente significativas en todos los puntos de medida (Tabla IV.25). Los resultados indican que hay diferencias significativas entre la velocidad de remodelación del primer y del segundo periodo, siendo ésta mayor en el primer periodo. Por tanto, la velocidad con la que disminuye la anchura vestibulo-lingual sería mayor durante el primer mes post-extracción.

Tabla IV.25. Diferencias en la velocidad de remodelación de la anchura vestibulo-lingual entre el primer periodo y el segundo periodo (velrem_1p - velrem_2p)

Punto de medida	Media	IC 95% para la diferencia		Valor p
		Inferior	Superior	
1	45,4	32,4	58,5	0,000
2	90,1	75,0	105,2	0,000
3	102,9	86,2	119,7	0,000
4	84,4	67,7	101,1	0,000
5	60,7	44,9	76,5	0,000

IC 95%: Intervalo de confianza al 95%. Todas las medidas se refieren a micras al día ($\mu\text{m}/\text{día}$). El valor positivo en la media significa la diferencia entre la velocidad en micras al día con la que disminuye la anchura vestibulo-lingual entre el primer periodo y el segundo. Prueba utilizada: test t.

C. Comparación de medias de las velocidades de remodelación al día

La comparación de medias con las diferentes variables se realizó en cada uno de los 5 puntos de medida, pero para no hacer excesivamente extensa la Tesis Doctoral y ya que es en el punto central (punto 3) en el que más velocidad de remodelación se encontró (Tabla IV.24), los resultados descritos sólo hacen referencia a dicho punto. Se decidió hacer el análisis univariante con la velocidad de remodelación al día en lugar que con la remodelación, por ser dicha medida más exacta en cuanto al tiempo en cada medición.

La comparación de medias se realizó mediante un ANOVA. La Tabla IV.26 muestra los resultados obtenidos.

Tabla IV.26. Resultados del ANOVA para la velocidad de remodelación vestibulo-lingual en el primer periodo, segundo periodo y periodo total.

Variables	velrem_1p	velrem_2p	velrem_total
Sexo	p= 0,369	p= 0,242	p= 0,196
Enfermedades	p= 0,097	p= 0,104	p= 0,017 Menor velocidad en los pacientes que si presentaban enfermedades. No= 72,8 $\mu\text{m}/\text{día}$ Sí= 55,2 $\mu\text{m}/\text{día}$
Medicación (estatinas, IBP, antihipertensivos, otros tratamientos)	p= 0,119	p= 0,013 Menor velocidad en los pacientes que sí tomaban medicación. No= 37,8 $\mu\text{m}/\text{día}$ Sí = 21,7 $\mu\text{m}/\text{día}$	p= 0,002 Menor velocidad en los pacientes que sí tomaban medicación. No= 74,1 $\mu\text{m}/\text{día}$ Sí = 51,6 $\mu\text{m}/\text{día}$
	Al comparar cada una de las medicaciones tomadas por los pacientes sólo se encontraron diferencias significativas (p= 0,014) en la velrem_total con las estatinas: menor velocidad en los pacientes que tomaban estatinas.		
Tabaco	p= 0,148	p= 0,004 Menor velocidad en los pacientes fumadores. No= 39,8 $\mu\text{m}/\text{día}$ Sí = 22,0 $\mu\text{m}/\text{día}$	p= 0,001 Menor velocidad en los pacientes fumadores. No= 76,0 $\mu\text{m}/\text{día}$ Sí = 53,2 $\mu\text{m}/\text{día}$
Estado periodontal	p= 0,152	p= 0,647	p= 0,367
Pieza	p= 0,041 Menor velocidad en las extracciones de RR. D= 145,8 $\mu\text{m}/\text{día}$ RR= 114,2 $\mu\text{m}/\text{día}$	p= 0,202	p= 0,004 Menor velocidad en las extracciones de RR. D= 76,6 $\mu\text{m}/\text{día}$ RR= 56,0 $\mu\text{m}/\text{día}$

Diente	p= 0,000	p= 0,022	p= 0,000
	Diferencias estadísticamente significativas en las comparaciones múltiples ($p < 0,05$; HSD de Tukey), encontrándose la mayor velocidad en los M.		
	A= 86,9 $\mu\text{m}/\text{día}$ Pm= 97,6 $\mu\text{m}/\text{día}$ M= 164,4 $\mu\text{m}/\text{día}$	A= 15,8 $\mu\text{m}/\text{día}$ Pm= 26,7 $\mu\text{m}/\text{día}$ M= 39,5 $\mu\text{m}/\text{día}$	A= 43,3 $\mu\text{m}/\text{día}$ Pm= 51,5 $\mu\text{m}/\text{día}$ M= 80,5 $\mu\text{m}/\text{día}$
Localización	p= 0,084	p= 0,143	p= 0,029 Menor velocidad en las extracciones de dientes superiores. I= 78,3 $\mu\text{m}/\text{día}$ S= 62,0 $\mu\text{m}/\text{día}$
Causa de extracción	p= 0,327	p= 0,480	p= 0,805
Infección	p= 0,034 Mayor velocidad en las extracciones con infección previa. No= 114,9 $\mu\text{m}/\text{día}$ Sí = 147,4 $\mu\text{m}/\text{día}$	p= 0,843	p= 0,105
Tipo de extracción	p= 0,104	p= 0,083	p= 0,089
Complicaciones	p= 0,503	p= 0,341	p= 0,861
El valor positivo en la media significa una reducción en la anchura vestíbulo-lingual. RR: resto radicular. D: diente. A: anteriores (incisivos y caninos). Pm: premolares. M: molares. I: inferior. S: superior.			

Los resultados muestran diferencias estadísticamente significativas en la velocidad media de remodelación vestíbulo-lingual dependiendo de la variable **enfermedades**, siendo dicha velocidad mayor en los pacientes sanos. También se encontró una velocidad media menor en los participantes que tomaban alguna **medicación**. Al comparar cada una de las medicaciones se encontró una menor velocidad en los casos que tomaban **estatinas**. La velocidad media de remodelación vestíbulo-lingual fue diferente dependiendo del **diente exodonciado**, siendo mayor en las extracciones de dientes con corona y en los molares.

Además, se halló una mayor velocidad media de remodelación vestíbulo-lingual en las extracciones donde había habido una **infección previa**, pero únicamente durante el primer periodo. Por último, se encontró una menor velocidad media de remodelación cuando el participante era **fumador**.

Por otra parte, se halló una correlación débil, aunque significativa entre la velocidad de remodelación en el primer periodo ($r = -0,29$; $p = 0,009$) y en el periodo total ($r = -0,36$; $p = 0,002$) con la **edad** de los paciente mediante la correlación de Pearson. Es decir, que la velocidad media de remodelación sería mayor en los pacientes más jóvenes. La Figura IV.2 muestra una gráfica de dispersión con dicha correlación entre la velocidad de remodelación en el periodo total y la edad.

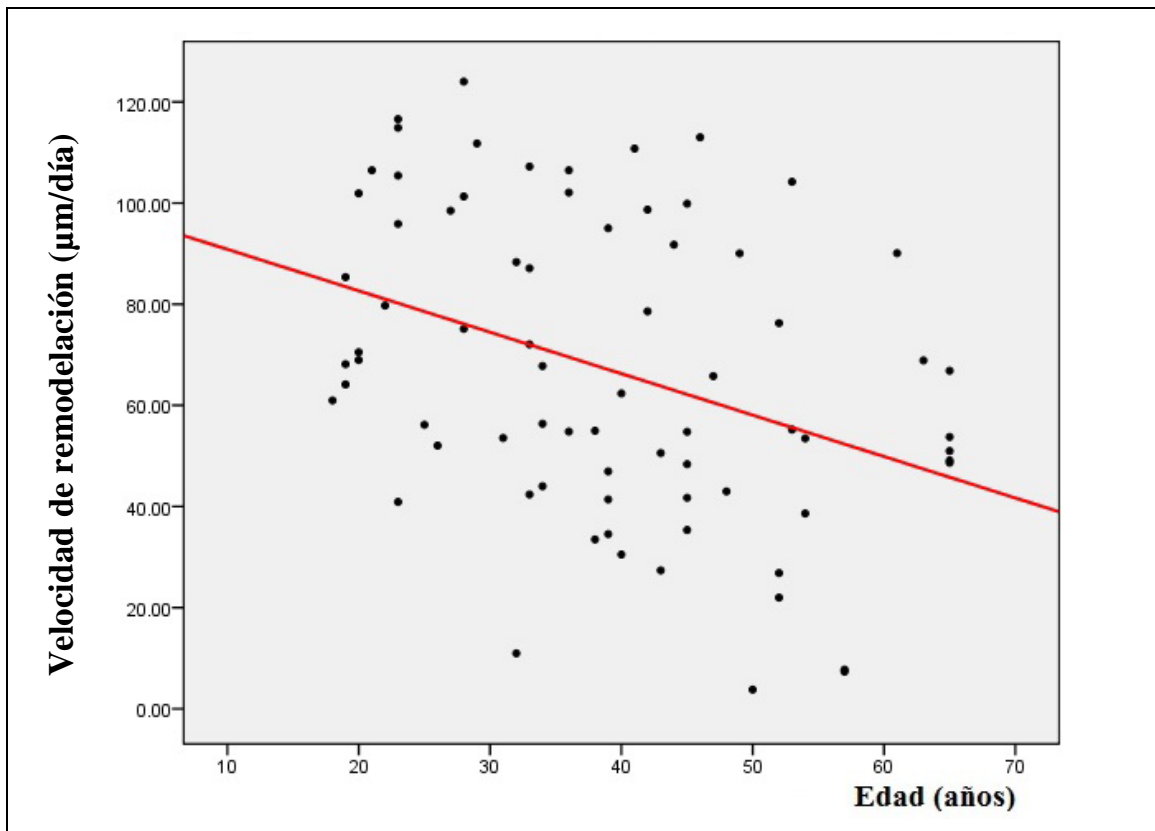


Figura IV. 2: Gráfico de dispersión con la recta de ajuste que muestra la correlación entre la velocidad de remodelación en el periodo total y la edad.

D. Modelo de regresión para la velocidad de remodelación vestibulo-lingual.

El modelo de regresión se realizó para la variable velocidad de remodelación total en el punto 3 (velmov_total), siendo esta una medida ponderada de las velocidades en el primer y en el segundo periodo (velmov_1p, velmov_2p) atendiendo al tiempo transcurrido. El modelo conseguido mediante la técnica de mínimos cuadrados se muestra en la Tabla IV.27. Este modelo fue corroborado mediante técnicas de regresión robustas y técnicas Bootstrap, lográndose resultados similares.

Tabla IV.27. Modelo de regresión para la velocidad de remodelación vestibulo-lingual total en el punto 3.

Coeficientes	Valor	Error estándar	Valor t	Pr (> t)
Constante	-0,4	18,9	-0,023	0,98201
Sexo: Mujer	9,8	5,4	1,820	0,07356
Estado periodontal: Gingivitis	16,4	7,7	2,127	0,03734*
Estado periodontal: Periodontitis	19,7	6,8	2,900	0,00513**
Pieza: RR	-10,7	5,1	-2,090	0,04067*
Tipo: M	-29,1	10,7	-2,720	0,00842**
Tipo: Pm	-28,3	8,9	-3,201	0,00215**
Localización: Superior	-30,6	5,9	-5,222	2,12e-06***
Edad	-0,2	0,2	-1,401	0,16610
Tabaco	-0,9	0,3	-3,347	0,00138**
Anchura vestibulo-lingual inicial	0,007	0,001	6,221	4,44e-08***
Residual standard error: 17,38 on 62 degrees of freedom				
Multiple R-squared: 0,7134			Adjusted R-squared: 0,6626	
F-statistic: 14,03 on 11 and 62 degrees of freedom			p-value: 4,978e-13	

El porcentaje de la variabilidad total que consigue predecir este modelo de regresión propuesto fue del 71,34%.

Los resultados de este análisis multivariante indican que, si no han diferencias en el resto de las variables que determinan el tipo de extracción realizada, la velocidad de remodelación vestibulo-lingual sería significativamente menor si no hay **patología periodontal**. De manera similar, la velocidad de remodelación vestibulo-lingual sería menor en **hombres** y cuando se extrae un **resto radicular**. Los dientes **anteriores** y de

localización **inferior** se relacionarían con mayores velocidades de remodelación vestibulo-lingual. También se encontró que los participantes **fumadores** tendrían una menor velocidad de remodelación, así como los de mayor **edad**.

2. 4. Altura alveolar lingual

La altura alveolar lingual mide la altura a la que sitúa el punto más alto de la encía de la vertiente lingual con respecto al punto mas alto de la cúspide vestibular del diente mesial a la zona de la extracción A partir de la medición de la altura alveolar lingual en el momento de la extracción, al mes y a los 3 meses post-extracción se obtuvo la disminución de la altura lingual y la velocidad de disminución. Además, se compararon dichas mediciones con las diferentes variables mediante el test ANOVA

A. Disminución de la altura lingual.

La disminución de la altura lingual es la diferencia ocurrida entre dos mediciones de la altura alveolar lingual separadas en el tiempo. Se indica de esta forma la remodelación vertical de la cara lingual en el espacio edéntulo. La Tabla IV.28 muestra la media y el IC 95% de la disminución de la altura lingual al mes y a los tres meses de la extracción.

Tabla IV.28. Disminución de la altura lingual al mes y a los 3 meses de la extracción

Punto de medida	dismalt_1m			dismalt_3m		
	Media	IC 95%		Media	IC 95%	
		Inferior	Superior		Inferior	Superior
H_1	855,5	715,0	995,9	1087,8	938,7	1237,0
1	793,2	592,2	994,2	851,4	627,6	1075,3
2	986,5	773,6	1199,4	919,4	665,5	1173,2
3	1041,7	835,7	1247,7	1015,9	765,9	1265,9
4	1057,6	862,1	1253,1	1165,9	933,5	1398,4

IC 95%: Intervalo de confianza al 95%. Todas las medidas se refieren a micras (μm). El valor positivo en la media significa una disminución de la altura lingual.

Al comparar los resultados obtenidos al mes y a los 3 meses de la extracción sólo se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el punto mesial del alveolo post-extracción (punto H_1) ($p < 0,05$; test t). En el resto de los puntos de medidas las diferencias no fueron estadísticamente significativas. Por tanto, sólo se encontró una disminución significativa de la altura lingual al mes y a los 3 meses en el punto mesial al espacio edéntulo (H_1).

B. Velocidad de disminución de la altura lingual.

La velocidad de disminución de la altura lingual mide la reducción de la altura al día, es decir, la remodelación vertical en la cara lingual del alveolo post-extracción que ocurre al día. La Tabla IV.29 muestra la velocidad de disminución de la altura lingual al día durante el primer, el segundo periodo y el periodo total.

Tabla IV.29. Velocidad de disminución de la altura lingual en el primer periodo, segundo periodo y en el periodo total.

Punto de medida	veldism_1p			veldism_2p			veldism_total		
	Media	IC 95%		Media	IC 95%		Media	IC 95%	
		Inferior	Superior		Inferior	Superior		Inferior	Superior
H_1	26,9	22,3	31,6	3,4	1,2	5,5	11,8	10,1	13,4
1	25,1	18,1	32,1	0,5	-2,1	3,1	9,2	6,8	11,7
2	31,4	23,7	39,0	-1,7	-4,8	1,5	10,1	7,3	12,9
3	33,3	26,1	40,5	-1,1	-4,4	2,2	10,9	8,2	13,6
4	33,8	27,1	40,4	1,4	-1,6	4,5	12,6	10,1	15,2

IC 95%: Intervalo de confianza al 95%. Todas las medidas se refieren a micras al día ($\mu\text{m}/\text{día}$). El valor positivo en la media significa una disminución de la altura lingual.

Los resultados de analizar las velocidades de disminución de la altura lingual en cada uno de los puntos de medida con el test t indican que la velocidad media a la que se reduce la altura lingual en el primer periodo y en el periodo total son claramente significativas ($p < 0,05$; test t) en todos los casos. En el punto H_1, que corresponde a la

medición en el punto más mesial del alveolo post-extracción, en la vertiente lingual, se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la velocidad de disminución de la altura lingual en todos los periodos. En cambio, en los puntos de medida 1, 2, 3 y 4 no se encontraron diferencias significativas en la velocidad de disminución de la altura en el segundo periodo ($p > 0,05$; test t). En los puntos 2 y 3 de medida incluso se halló un aumento en la altura lingual durante el segundo periodo.

Al comparar la velocidad media de disminución de la altura lingual entre el primer y el segundo periodo, se encontraron diferencias estadísticamente significativas en todos los puntos de medida (Tabla IV.30). Los resultados indican que hay diferencias significativas entre la velocidad de disminución de la altura lingual del primer y del segundo periodo, siendo ésta mayor en el primer periodo. Por tanto, la velocidad con la que disminuye la altura lingual sería mayor durante el primer mes post-extracción.

Tabla IV.30. Diferencias en la velocidad de disminución de la altura lingual entre el primer periodo y el segundo periodo (veldism_1p - veldism_2p)

Punto de medida	Media	IC 95% para la diferencia		Valor p
		Inferior	Superior	
H_1	23,8	17,7	29,8	0,000
1	24,7	16,2	33,2	0,000
2	32,9	23,9	42,0	0,000
3	34,3	25,5	43,1	0,000
4	32,5	24,1	41,0	0,000

IC 95%: Intervalo de confianza al 95%. Todas las medidas se refieren a micras al día ($\mu\text{m}/\text{día}$). El valor positivo en la media significa la diferencia entre la velocidad en micras al día con la que disminuye la altura lingual entre el primer periodo y el segundo. Prueba utilizada: test t.

C. Comparación de medias de las velocidades de disminución de la altura lingual al día

La comparación de medias con las diferentes variables se realizó en cada uno de los 5 puntos de medida, pero para no hacer excesivamente extenso el presente estudio, los resultados descritos sólo hacen referencia al punto mesial al espacio de extracción (H_1), por influir directamente sobre el diente adyacente al espacio edéntulo, y al punto central (punto 2 de medida). Se decidió hacer el análisis univariante con la velocidad de

disminución de la altura lingual al día en lugar que con la disminución de la altura, por ser dicha medida más exacta en cuanto al tiempo en cada medición. La comparación de medias se realizó mediante el test ANOVA.

Únicamente se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) en la velocidad de disminución de la altura lingual durante el primer periodo y el periodo total en el punto central según el **tipo de diente**, siendo la disminución de la altura mayor en los dientes anteriores que en los premolares y molares. La Figura IV.3 muestra estas diferencias.

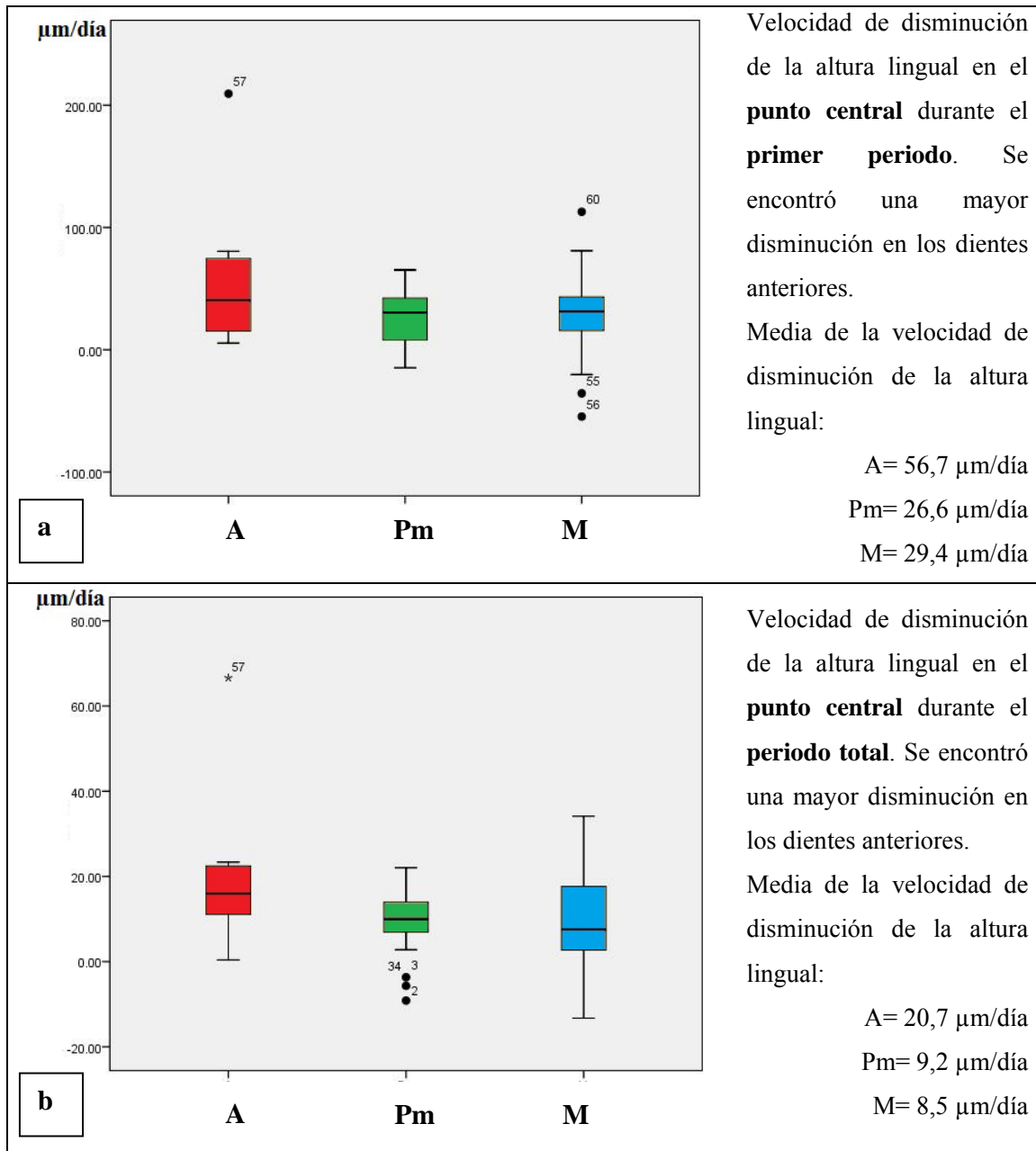


Figura IV.3: Velocidad de disminución de la altura lingual en el punto central durante el primer periodo (a) y el periodo total (b). A: anteriores. Pm: premolares. M: molares.

2. 5. Altura alveolar vestibular

La altura alveolar vestibular mide la altura a la que sitúa el punto más alto de la encía de la vertiente vestibular con respecto al punto mas alto de la cúspide vestibular del diente mesial a la zona de la extracción A partir de la medición de la altura alveolar vestibular en el momento de la extracción, al mes y a los 3 meses post-extracción se obtuvo la disminución de la altura vestibular y la velocidad de disminución. Además, se compararon dichas mediciones con las diferentes variables mediante el test ANOVA.

A. Disminución de la altura vestibular.

La disminución de la altura vestibular es la diferencia ocurrida entre dos mediciones de la altura alveolar vestibular separadas en el tiempo. Se indica de esta forma la remodelación vertical de la cara vestibular en el espacio edéntulo. La Tabla IV.31 muestra la media y el IC 95% de la disminución de la altura vestibular al mes y a los tres meses de la extracción.

Tabla IV.31. Disminución de la altura vestibular al mes y a los 3 meses de la extracción.

Punto de medida	dismalt_1m			dismalt_3m		
	Media	IC 95%		Media	IC 95%	
		Inferior	Superior		Inferior	Superior
H_v	607,1	410,9	803,3	849,8	627,5	1072,1
1	468,5	193,5	743,4	425,3	113,7	736,9
2	530,3	292,0	768,6	415,6	130,0	701,1
3	730,3	455,5	1005,0	661,2	388,4	934,0
4	751,8	497,0	1006,7	929,9	664,5	1195,2

IC 95%: Intervalo de confianza al 95%. Todas las medidas se refieren a micras (μm). El valor positivo en la media significa una disminución de la altura vestibular.

Al comparar los resultados obtenidos al mes y a los 3 meses de la extracción se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la disminución de la altura vestibular en el punto mesial del alveolo post-extracción (punto H_v). Por tanto, sólo se

encontró una disminución significativa de la altura vestibular al mes y a los 3 meses en el punto mesial al espacio edéntulo (H_v).

B. Velocidad de disminución de la altura vestibular.

La velocidad de disminución de la altura vestibular mide la reducción de la altura al día, es decir, la remodelación vertical en la cara vestibular del alveolo post-extracción que ocurre al día. La Tabla IV.32 muestra la velocidad de disminución de la altura vestibular al día durante el primer, el segundo periodo y el periodo total.

Tabla IV.32. Velocidad de disminución de la altura vestibular en el primer periodo, segundo periodo y en el periodo total.

Punto de medida	veldism_1p			veldism_2p			veldism_total		
	Media	IC 95%		Media	IC 95%		Media	IC 95%	
		Inferior	Superior		Inferior	Superior		Inferior	Superior
H_v	19,4	13,2	25,7	4,0	1,8	6,1	9,1	6,7	11,6
1	15,4	6,3	24,5	-1,5	-4,5	1,4	4,6	1,2	8,0
2	18,2	10,1	26,3	-3,6	-6,9	-0,4	4,6	1,4	7,8
3	24,6	15,3	34,0	-3,4	-6,4	-0,3	7,3	4,3	10,3
4	24,4	16,0	32,9	1,7	-0,8	4,1	10,1	7,3	12,9

IC 95%: Intervalo de confianza al 95%. Todas las medidas se refieren a micras al día ($\mu\text{m}/\text{día}$). El valor positivo en la media significa una disminución de la altura vestibular.

En el punto H_v, que corresponde a la medición en el punto más mesial del alveolo post-extracción, en la vertiente vestibular, se encontró una velocidad de disminución de la altura vestibular claramente significativa en todos los periodos ($p < 0,05$; test t). Al analizar las velocidades de disminución de la altura vestibular en los puntos 1, 2, 3 y 4 de medida con el test t se halló que la velocidad media a la que se reduce la altura vestibular en el primer periodo y en el periodo total son claramente significativas ($p < 0,05$; test t) en todos los casos. En cuanto al segundo periodo, se obtuvo un incremento de la altura en los puntos 2 y 3, mientras que los resultados en los puntos 1 y 4 no fueron significativos.

Al comparar la velocidad media de disminución de la altura vestibular entre el primer y el segundo periodo, se encontraron diferencias estadísticamente significativas en todos los puntos de medida (Tabla IV.33). Los resultados indican que hay diferencias significativas entre la velocidad de disminución de la altura vestibular del primer y del segundo periodo, siendo la velocidad de disminución de la altura vestibular mayor en el primer periodo. Por tanto, la velocidad con la que disminuye la altura vestibular sería mayor durante el primer mes post-extracción.

Tabla IV.33. Diferencias en la velocidad de disminución de la altura vestibular entre el primer periodo y el segundo periodo (veldism_1p - veldism_2p)

Punto de medida	Media	IC 95% para la diferencia		Valor p
		Inferior	Superior	
H_v	14,8	7,4	22,1	0,000
1	17,6	7,7	27,5	0,001
2	24,4	15,6	33,1	0,000
3	31,4	21,4	41,4	0,000
4	24,9	15,1	34,8	0,000

IC 95%: Intervalo de confianza al 95%. Todas las medidas se refieren a micras al día ($\mu\text{m}/\text{día}$). El valor positivo en la media significa la diferencia entre la velocidad en micras al día con la que disminuye la altura lingual entre el primer periodo y el segundo. Prueba utilizada: test t.

C. Comparación de medias de las velocidades de disminución de la altura vestibular al día

La comparación de medias con las diferentes variables se realizó en cada uno de los 5 puntos de medida, pero para no hacer excesivamente extensa la Tesis Doctoral, los resultados descritos sólo hacen referencia al punto mesial al espacio de extracción (H_v), por influir directamente sobre el diente adyacente al espacio edéntulo, y al punto central (punto 2 de medida). Se decidió hacer el análisis univariante con la velocidad de disminución de la altura lingual al día en lugar que con la disminución de la altura, por ser dicha medida más exacta en cuanto al tiempo en cada medición. La comparación de medias se realizó mediante un ANOVA.

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) entre la velocidad de disminución de la altura vestibular durante el primer periodo y el periodo total en el punto H_v y en el punto central dependiendo del **estado periodontal**. Los intervalos HSD de Tukey obtuvieron una menor velocidad de disminución de la altura vestibular en los pacientes que no tenían ni gingivitis ni periodontitis. La Figura IV.4 muestra estas diferencias.

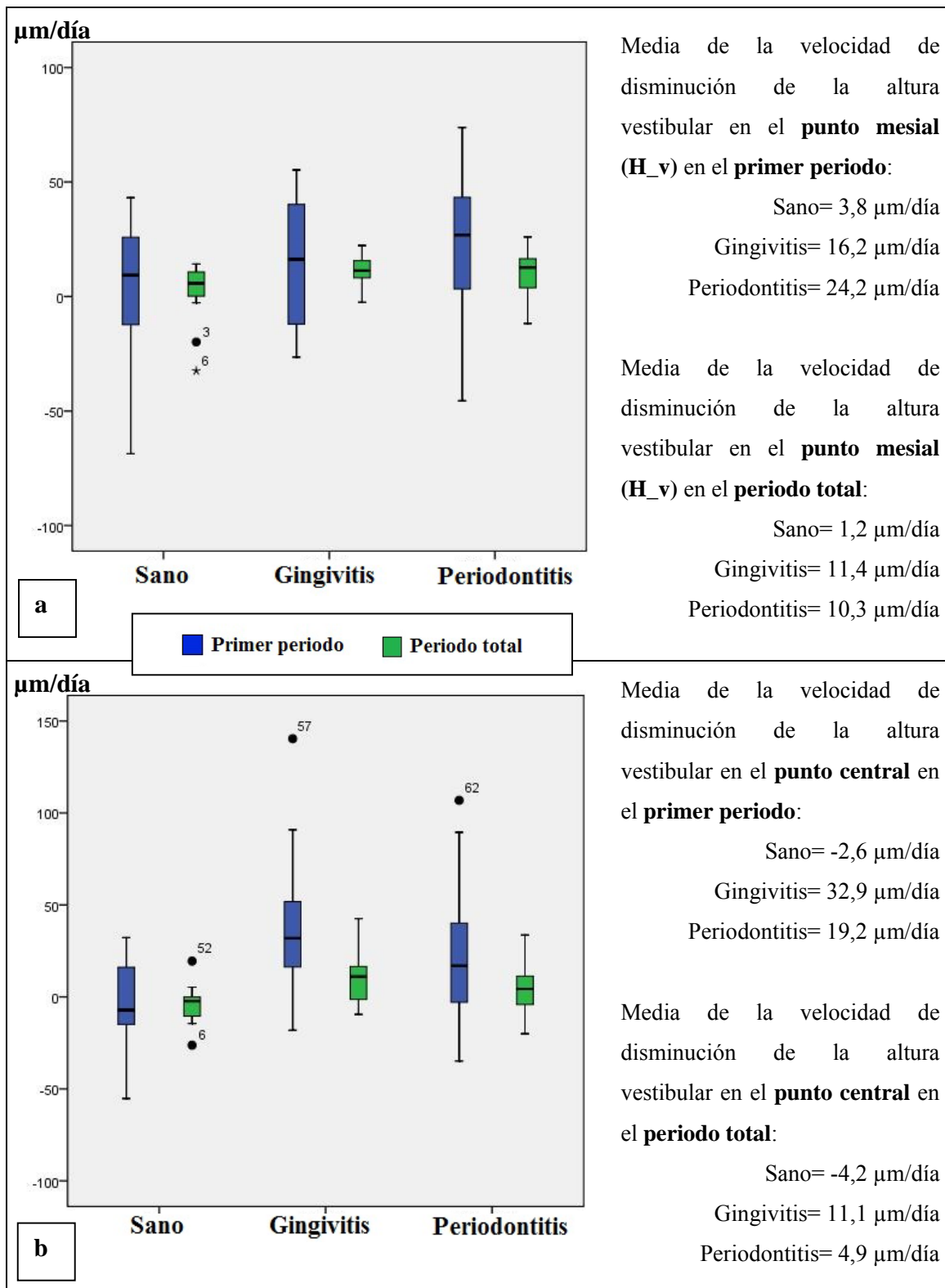


Figura IV.4: Velocidad de disminución de la altura vestibular en el punto mesial (a) y central (b) según el estado periodontal durante el primer periodo y el periodo total.

2. 6. Comparativa entre la altura alveolar vestibular y lingual.

La comparativa entre la altura alveolar lingual y vestibular pretende encontrar las diferencias entre ambas mediciones para saber si la remodelación a nivel vertical difiere dependiendo de la vertiente del alveolo post-extracción.

A. Diferencias entre la altura alveolar vestibular y lingual.

Para comparar la altura entre la vertiente vestibular y lingual, se obtiene la diferencia entre ambas alturas en el momento de la extracción, al mes y a los tres meses. La Tabla IV.34 muestra la media y la IC 95% de la diferencia entre la altura vestibular y lingual en el momento de la extracción, al mes y a los 3 meses.

Tabla IV.34. Diferencia entre la altura alveolar vestibular y lingual.

Punto de medida	difaltura_0m			difaltura_1m			difaltura_3m		
	Media	IC 95%		Media	IC 95%		Media	IC 95%	
		Inferior	Superior		Inferior	Superior		Inferior	Superior
H	938,0	672,0	1203,9	689,6	492,2	887,0	694,1	491,5	896,6
1	981,6	627,4	1335,7	656,8	418,1	895,6	547,4	337,7	757,1
2	1164,9	780,6	1549,2	708,8	433,4	984,2	610,8	367,9	853,6
3	1040,2	644,1	1436,3	728,8	438,3	1019,2	596,5	325,6	867,5
4	1008,3	653,1	1363,5	702,5	423,0	982,1	714,6	412,0	1017,1

IC 95%: Intervalo de confianza al 95%. Todas las medidas se refieren a micras (μm). El valor positivo en la media significa las micras que la vertiente vestibular se sitúa más apical que la lingual en cada uno de los tiempos de medición.

Al comparar las alturas vestibulares y linguales mediante el test t se encontraron diferencias estadísticamente significativas en todos los puntos de medida ($p < 0,05$). Estos resultados indican que hay diferencias significativas entre la altura vestibular y lingual en el momento inicial, al mes y a los 3 meses. Por tanto, en todos los puntos de medida se halló

que la vertiente vestibular se encontraba, de manera significativa, más apical que la vertiente lingual.

B. Diferencias entre la velocidad de disminución de la altura vestibular y lingual

Al comparar la velocidad media de disminución de la altura vestibular con la lingual en el primer periodo, se encontraron diferencias significativas en todos los puntos de medida ($p < 0,05$; test t). En cambio, en el segundo periodo no se encontraron estas diferencias. Estos resultados indican que la velocidad de disminución de la altura lingual durante el primer periodo es mayor que la de la altura vestibular, mientras que en el segundo periodo no hay diferencias entre ambas velocidades.

2. 7. Superposiciones del alveolo post-extracción

La superposición de las imágenes tridimensionales obtenidas mediante la CLSM permitió conocer la manera en que se producen los cambios morfológicos en el alveolo post-extracción y la frecuencia con que un determinado patrón de remodelación se producía en el área edéntula.

A. Punto central del alveolo post-extracción

La Tabla IV.35 muestra las frecuencias de repetición de los patrones de remodelación de la anchura y altura lingual del alveolo post-extracción en el punto central.

Tabla IV.35. Frecuencias de repetición de los patrones de remodelación en la anchura y altura lingual del alveolo post-extracción en el punto central.

Anchura lingual		Altura lingual	
Patrón	Porcentaje (%)	Patrón	Porcentaje (%)
0, 1, 3	65,0	0, 1, 3	60,0
0, 3, 1	23,8	0, 3, 1	26,3
1, 3, 0	1,3	1, 0, 3	1,3
0, 1	10,0	1, 3, 0	1,3
		3, 1, 0	1,3
		0, 1	8,8
		1, 0	1,3

Como se observa en la tabla, en el punto central, en cuanto a la vertiente lingual, el patrón de remodelación más frecuente tanto en la altura como en la anchura fue el que disminuían estos dos parámetros a medida que pasaba el tiempo. Es decir, que tanto la anchura como la altura lingual decrecían con el paso del tiempo.

La Tabla IV.36 muestra las frecuencias de repetición de cada uno de los patrones para la anchura y altura vestibular en el punto central.

Tabla IV.36. Frecuencias de repetición de los patrones de remodelación en la anchura y altura vestibular del alveolo post-extracción en el punto central.

Anchura vestibular		Altura vestibular	
Patrón	Porcentaje (%)	Patrón	Porcentaje (%)
0, 1, 3	86,3	0, 1, 3	78,8
0, 3, 1	3,8	0, 3, 1	10,0
0, 1	10,0	1, 0, 3	1,3
		0, 1	8,8
		1, 0	1,3

En la vertiente vestibular el patrón más frecuente en la anchura y la altura también era en el que estos dos parámetros decrecían con el paso del tiempo.

La Tabla IV.37 muestra las frecuencias de repetición de cada uno de los patrones para la remodelación en el centro del alveolo.

Tabla IV.37. Frecuencias de repetición de los patrones de remodelación en el centro del alveolo.

Patrón	Porcentaje (%)
1, 3, 0	11,3
3, 1, 0	78,8
1, 0	10,0

En el centro del alveolo el patrón más frecuente fue aquel en que el centro del alveolo post-extracción se rellenaba de tejido a medida que pasaba el tiempo.

Un ejemplo del patrón de remodelación más frecuente en el punto central del alveolo post-extracción se muestra en la Figura IV.5, correspondiente a los perfiles post-

extracción de un primer molar inferior izquierdo (3.6). En este patrón a medida que pasa el tiempo se produce una disminución tanto en la anchura como en la altura, mientras que el centro del alveolo se va rellenando con tejido.

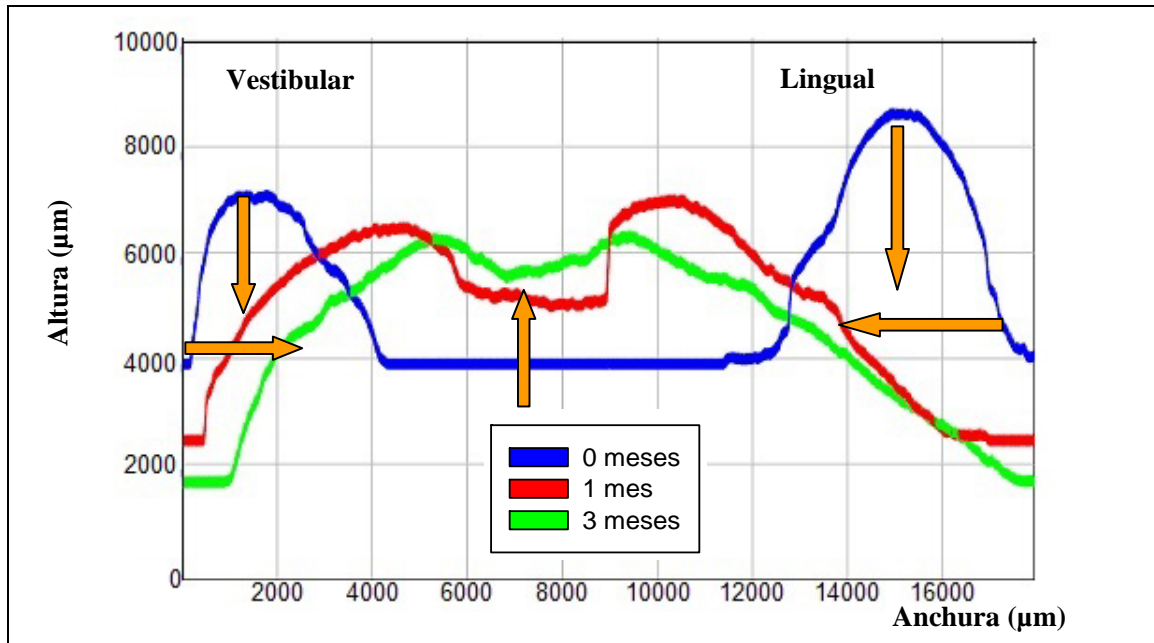


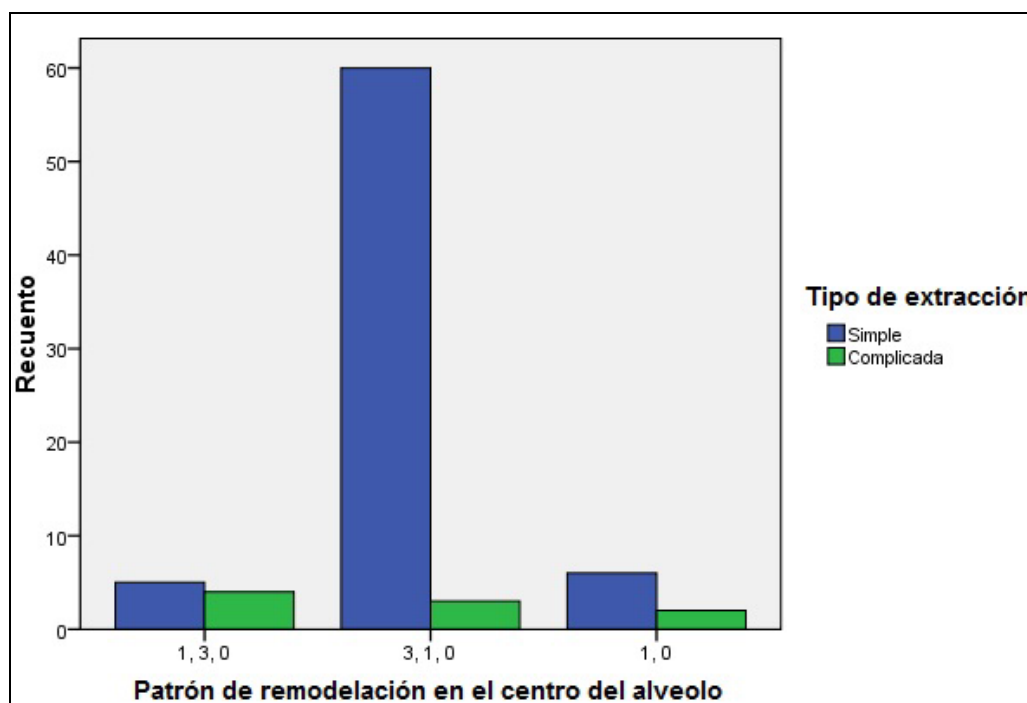
Figura IV.5: Perfiles del alveolo post-extracción en el momento inicial (línea azul), al mes (línea roja) y a los 3 meses de la exodoncia (línea verde), obtenidos en el punto central de la zona edéntula después de la exodoncia del primer molar inferior izquierdo (3.6).

Al analizar los patrones de remodelación según las diferentes variables mediante la prueba de Chi-cuadrado, se obtuvo una asociación significativa entre el patrón de remodelación en el centro del alveolo y el **tipo de extracción** realizada ($p=0,001$; Chi-cuadrado). La Tabla IV.38 muestra la tabla de contingencia obtenida.

Tabla IV.38. Tabla de contingencia para el patrón en el centro del alveolo y el tipo de extracción.

			Tipo de extracción		Total
			Simple	Complicada	
Patrón de remodelación en el centro del alveolo	1, 3, 0	Recuento	5	4	9
		% dentro del patrón	55,6 %	44,4 %	100,0 %
	3, 1, 0	Recuento	60	3	63
		% dentro del patrón	95,2 %	4,8 %	100,0 %
	1, 0	Recuento	6	2	8
		% dentro del patrón	75,0 %	25,0 %	100,0 %
Total	Recuento	71	9	80	
	% dentro del patrón	88,8 %	11,3 %	100,0 %	

En el gráfico de barras de la Figura IV.6 se aprecia que el patrón 3, 1, 0 (relleno del centro del alveolo a medida que pasa el tiempo) se asocia principalmente con las extracciones simples, mientras que en las extracciones complicadas los patrones están más repartidos.

**Figura IV.6:** Gráfico de barras que representa el patrón de remodelación dependiendo del tipo de extracción realizada.

B. Punto mesial del alveolo post-extracción

Por otra parte, las frecuencias de repetición de cada uno de los patrones para la altura vestibular y lingual en el punto mesial al alveolo post-extracción se muestran en la Tabla IV.39.

Tabla IV.39. Frecuencias de repetición de los patrones de remodelación de la altura vestibular y lingual en el punto mesial del alveolo post-extracción.

Altura lingual (H _l)		Altura vestibular (H _v)	
Patrón	Porcentaje (%)	Patrón	Porcentaje (%)
0, 1, 3	65.0	0, 1, 3	68.8
0, 3, 1	22.5	0, 3, 1	16.3
1, 0, 3	1.3	1, 0, 3	1.3
3, 1, 0	1.3	3, 1, 0	2.5
0, 1	8.8	3, 0, 1	1.3
1, 0	1.3	0, 1	10.0

En cuanto a la altura alveolar vestibular y lingual en el punto mesial del alveolo post-extracción, el patrón de remodelación más frecuente también fue aquel en que la altura disminuía con el paso del tiempo.

Como ejemplo del patrón de remodelación más frecuente en el punto mesial del alveolo post-extracción se muestra la Figura IV.7, correspondiente a los perfiles post-extracción del primer molar inferior izquierdo (3.6) del ejemplo anterior. En este patrón a medida que pasa el tiempo se produce una disminución de la altura alveolar tanto en la vertiente vestibular como en la lingual. En la anchura también se observa este patrón de remodelación.

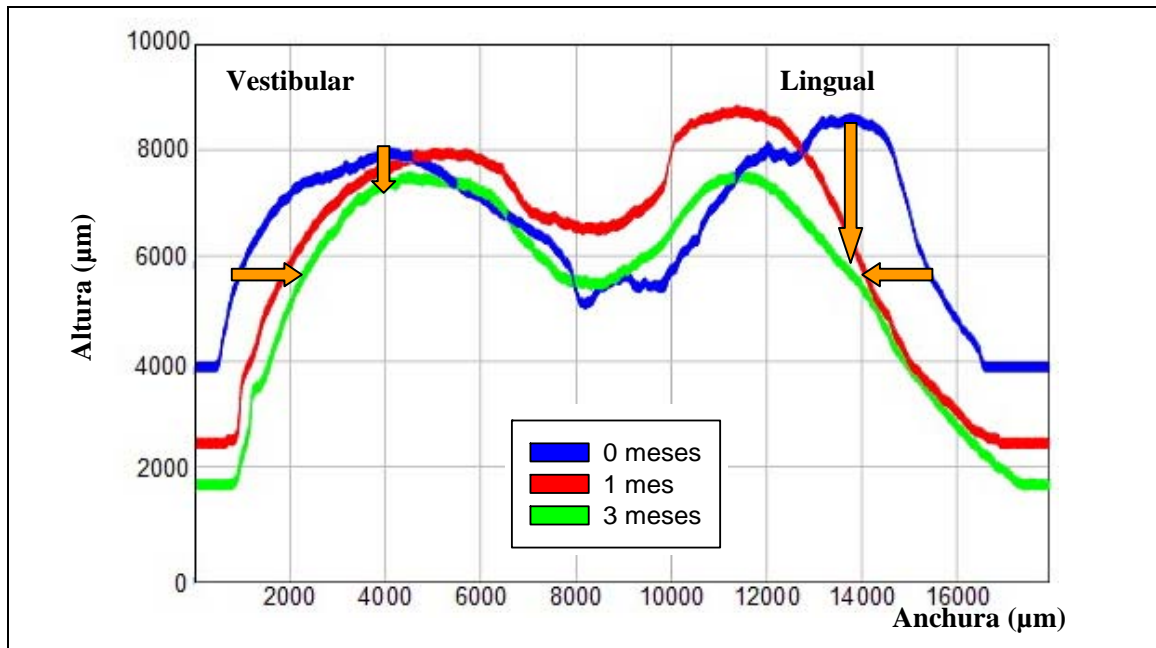


Figura IV.7: Perfiles del alveolo post-extracción en el momento inicial (línea azul), al mes (línea roja) y a los 3 meses de la exodoncia (línea verde), obtenidos en el punto mesial de la zona edéntula después de la exodoncia del primer molar inferior izquierdo (3.6).

3. ESTUDIO DE LOS CAMBIOS EN LOS TEJIDOS ADYACENTES AL 2º MOLAR INFERIOR DESPUÉS DE LA EXTRACCIÓN DEL 3º MOLAR

En este apartado también se indican únicamente los resultados obtenidos para cada variable estudiada una vez tratadas las medidas dimensionales. No se incluyen las medidas dimensionales, obtenidas mediante CLSM, ya que generan una matriz de 23 filas (participantes) x 26 columnas (mediciones realizadas en el momento de la extracción, al mes y a los 3 meses en los 9 puntos de medida). Con el tratamiento de dichas mediciones la matriz asciende a 23 filas x 96 columnas (medidas dimensionales, variables, tratamiento de las medidas y obtención de resultados).

3. 1. Descripción de la muestra

El total de pacientes que fueron incluidos en el estudio fue de 26. De estos 26 pacientes, 3 no acudieron a la revisión del primer mes, quedando la muestra reducida a 23 participantes. A la revisión de los 3 meses post-extracción acudieron 20 de estos participantes.

La media de los días transcurridos hasta la medición del primer mes post-extracción fue de 30,8 días y al tercer mes, de 95,7 días.

A. Edad

Los pacientes que participaron en el estudio tenían edades comprendidas entre los 18 y los 49 años. La edad media de los pacientes que formaron parte de los grupos de comparación al mes y a los 3 meses de la extracción se muestra en la Tabla IV.40.

Tabla IV.40. Descriptivos de la edad de los pacientes participantes en el estudio.

	N	Media	DT
Al mes de la extracción	23	28,5	8,6
A los 3 meses de la extracción	20	28,4	9,0

N: número de casos. DT: desviación típica. Las medidas se refieren a años.

B. Sexo

La distribución de la muestra en cuanto al sexo se muestra en la Tabla IV.41. Se aprecia una mayor cantidad de mujeres participantes en el estudio.

Tabla IV.41. Descriptivos del sexo de los pacientes participantes en el estudio.

	N	Hombres	Mujeres
Al mes de la extracción	23	5 (21,7 %)	18 (78,3 %)
A los 3 meses de la extracción	20	3 (15 %)	17 (75 %)
N: número de casos. Entre paréntesis se indica el porcentaje que representa el grupo en la muestra.			

C. Enfermedades y medicación

La Tabla IV.42 muestra la distribución de la muestra en cuanto a las enfermedades presentadas por los pacientes. En todos los casos, las enfermedades no impedían el tratamiento dental ambulatorio ni alteraban el metabolismo óseo. Las enfermedades que presentaban los pacientes fueron: asma, arritmia y nódulos tiroideos.

La distribución de los fármacos empleados por los pacientes se muestra en la Tabla IV.43. Estos fármacos fueron: anticonceptivos, tiroxina, fluticasona, flecainida e hidrosmina.

Tabla IV.42. Descriptivos de la enfermedad de los pacientes participantes en el estudio.

	N	Sano	Enfermo
Al mes de la extracción	23	19 (82,6 %)	4 (17,4 %)
A los 3 meses de la extracción	20	16 (80 %)	4 (20 %)
N: número de casos. Entre paréntesis se indica el porcentaje que representa el grupo en la muestra.			

Tabla IV.43. Descriptivos de la medicación empleada por los pacientes.

	N	Sin tratamiento	Con tratamiento
Al mes de la extracción	23	15 (65,2 %)	8 (34,8 %)
A los 3 meses de la extracción	20	12 (60 %)	8 (40 %)
N: número de casos. Entre paréntesis se indica el porcentaje que representa el grupo en la muestra.			

D. Tabaco

La Tabla IV.44 muestra la distribución de la variable tabaco, así como el número medio de cigarrillos consumidos por los pacientes. El número de cigarrillos que consumían los pacientes fumadores osciló de 3 a 20 cigarrillos al día.

Tabla IV.44. Descriptivos de la variable tabaco.

	N	No fumadores	Fumadores	Media de cigarrillos/día
Al mes de la extracción	23	16 (69,6 %)	7 (30,4 %)	12,9
A los 3 meses de la extracción	20	13 (65 %)	7 (35 %)	12,9

N: número de casos. Entre paréntesis se indica el porcentaje que representa el grupo en la muestra.

E. Estado periodontal

La distribución del estado periodontal se muestra en la Tabla IV.45.

Tabla IV.45. Descriptivos de la salud periodontal de los pacientes del estudio.

	Sanos	Gingivitis	Periodontitis		
			Inicial	Moderada	Severa
Al mes de la extracción	6 (26,1 %)	10 (43,5 %)	7 (30,4 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
A los 3 meses de la extracción	6 (30 %)	8 (40 %)	6 (30 %)	0 (0 %)	0 (0 %)

Se indica el número de casos y entre paréntesis el porcentaje que representa el grupo en la muestra.

F. Diente extraído

Las siguientes Tablas IV.46- IV.50 muestran la distribución de las variables que identifican las características del diente extraído.

Tabla IV.46. Descriptivos de la variable posición del 3^{er} molar.

	Erupcionado	Submucoso	Incluido
Al mes de la extracción	10 (43,5 %)	12 (52,2 %)	1 (4,3 %)
A los 3 meses de la extracción	10 (50 %)	9 (45 %)	1 (5 %)
Se indica el número de casos y entre paréntesis el porcentaje que representa el grupo en la muestra.			

Tabla IV.47. Descriptivos de la variable relación del 3^{er} molar con respecto a la rama ascendente de la mandíbula y el segundo molar.

	Clase I	Clase II	Clase III
Al mes de la extracción	7 (30,4 %)	15 (65,2 %)	1 (4,3 %)
A los 3 meses de la extracción	7 (35%)	12 (60 %)	1 (5 %)
Se indica el número de casos y entre paréntesis el porcentaje que representa el grupo en la muestra.			

Tabla IV.48. Descriptivos de la variable profundidad relativa del tercer molar en el hueso.

	Posición A	Posición B	Posición C
Al mes de la extracción	12 (43,5 %)	11 (52,2 %)	0 (0 %)
A los 3 meses de la extracción	11 (55 %)	9 (45 %)	0 (0 %)
Se indica el número de casos y entre paréntesis el porcentaje que representa el grupo en la muestra.			

Tabla IV.49. Descriptivos de la variable clasificación de Winter

	Mesioangular	Horizontal	Vertical	Distoangular	Invertido
Al mes de la extracción	4 (17,4 %)	4 (17,4 %)	14 (60,9 %)	1 (4,3 %)	0 (0 %)
A los 3 meses de la extracción	4 (20 %)	3 (15 %)	13 (65 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
Se indica el número de casos y entre paréntesis el porcentaje que representa el grupo en la muestra.					

Tabla IV.50. Descriptivos de la variable relación del cordal con las corticales externa e interna del hueso mandibular

	Medial	Vestibuloversión	Linguoversión
Al mes de la extracción	14 (60,9 %)	2 (8,7 %)	7 (30,4 %)
A los 3 meses de la extracción	12 (60 %)	2 (10 %)	6 (30 %)
Se indica el número de casos y entre paréntesis el porcentaje que representa el grupo en la muestra.			

G. Tipo de extracción

Las siguientes Tablas IV.51- IV.53 muestran la distribución de las variables que identifican las características del tipo de extracción.

Tabla IV.51. Descriptivos de la variable levantamiento de colgajo.

	No	Si
Al mes de la extracción	7 (30,4 %)	16 (69,6 %)
A los 3 meses de la extracción	7 (35 %)	13 (65 %)
Se indica el número de casos y entre paréntesis el porcentaje que representa el grupo en la muestra.		

Tabla IV.52. Descriptivos de la variable ostectomía.

	No	Si
Al mes de la extracción	10 (43,5 %)	13 (56,5 %)
A los 3 meses de la extracción	10 (50 %)	10 (50 %)
Se indica el número de casos y entre paréntesis el porcentaje que representa el grupo en la muestra.		

Los milímetros de la ostectomía variaron desde 2 hasta 6. La media de la cantidad de hueso eliminado, de los casos que requirieron ostectomía, fue de 3,69 mm.

Tabla IV.53. Descriptivos de la variable odontosección.

	No	Si
Al mes de la extracción	13 (56,5 %)	10 (43,5 %)
A los 3 meses de la extracción	13 (65 %)	7 (35 %)
Se indica el número de casos y entre paréntesis el porcentaje que representa el grupo en la muestra.		

El tiempo de duración de la cirugía varió desde los 10 a los 80 minutos. El tiempo medio de la extracción quirúrgica fue de 32,9 minutos.

H. Infección

La Tabla IV.54 muestra la distribución de la infección presentada en los dientes extraídos.

Tabla IV.54. Descriptivos de la variable infección.

	Infección previa		Infección post-extracción	
	No	Si	No	Si
Al mes de la extracción	22 (95,7 %)	1 (4,3 %)	20 (87 %)	3 (13 %)
A los 3 meses de la extracción	19 (95 %)	1 (5 %)	17 (85 %)	3 (15 %)

Se indica el número de casos y entre paréntesis el porcentaje que representa el grupo en la muestra.

Después de la extracción se pautó antibiótico durante una semana en todos los casos excepto en 3, que coincidieron con los 3 casos que presentaron una infección post-extracción.

I. Normalidad de la muestra

La mayoría de las variables cuantitativas seguían una distribución normal ($p > 0,05$; Kolmogorov- Smirnov), por lo que se decidió el uso de pruebas paramétricas.

3. 2. Cambios post-extracción en el 2º molar mediante CLSM.

Para analizar los cambios morfológicos en los tejidos adyacentes al 2º molar después de la exodoncia del 3º molar vecino, se midió, mediante CLSM, la altura de los tejidos del 2º molar inferior en 9 puntos de medida, desde el punto más alto de la cúspide mesiolingual. A partir de la medición de esta altura en el momento de la extracción, al mes y a los 3 meses post-extracción se obtuvo la pérdida vertical y la velocidad de pérdida vertical. Además, se comparó dichas mediciones con las diferentes variables mediante el test ANOVA.

A. Pérdida vertical.

La pérdida vertical es la diferencia ocurrida entre dos mediciones de la altura de los tejidos del 2º molar separadas en el tiempo, por lo que indica los cambios ocurridos en la altura de dichos tejidos. La Tabla IV.55 muestra la media y el intervalo de confianza al

95% (IC 95%) de la pérdida en la dimensión vertical al mes y a los tres meses de la extracción.

Tabla IV.55. Pérdida en la dimensión vertical al mes y a los tres meses de la extracción.

Punto de medida	Pérdida vertical al mes (pv_1m)			Pérdida vertical a los 3 meses (pv_3m)		
	Media	IC 95%		Media	IC 95%	
		Inferior	Superior		Inferior	Superior
M_v	105,3	-126,1	336,6	253,1	8,8	497,3
M_l	-20,6	-230,9	189,7	154,3	-100,3	409,0
MV	417,1	81,4	752,8	531,8	280,5	783,2
ML	45,1	-41,1	131,3	113,4	-7,9	234,7
V	645,6	347,8	943,3	715,6	428,3	1002,9
L	80,8	-147,5	309,2	81,9	-121,3	285,2
DV	1365,7	889,7	1841,6	1166,2	768,6	1563,7
DL	195,8	-34,0	425,6	168,7	-103,9	441,3
D	2347,5	1638,7	3056,2	1356,9	779,1	1934,6

IC 95%: Intervalo de confianza al 95%. Todas las medidas se refieren a micras (μm). El valor positivo en la media significa una pérdida vertical. Puntos: M_v: mesial, en la vertiente vestibular. M_l: mesial, en la vertiente lingual. MV: mesiovestibular. ML: mesiolingual. V: vestibular. L: lingual. DV: distovestibular. DL: distolingual. D: distal.

Al analizar los resultados obtenidos con el test t se encontró una pérdida vertical significativa al mes en los puntos **MV**, **V**, **DV** y **D**. A los 3 meses la pérdida vertical significativa se produjo en los puntos anteriores y en el **M_v**.

Al comparar la pérdida vertical al mes con la producida a los 3 meses únicamente se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el punto **D**. En este punto, la pérdida vertical al mes fue significativamente mayor que a los 3 meses ($p=0,01$; test t). La media de esta diferencia fue de $806,7 \mu\text{m}$ (IC 95%: $391,6- 1221,9 \mu\text{m}$).

B. Velocidad de pérdida vertical.

La velocidad de pérdida vertical mide la reducción de la altura al día, es decir, los cambios en la altura que ocurren al día. El primer periodo se contabiliza desde el momento de la extracción hasta la revisión del primer mes. El segundo periodo se extiende entre la revisión del primer mes y la del tercero. El periodo total se prolonga durante todo el estudio, es decir, desde el momento de la extracción hasta la revisión del tercer mes. La Tabla IV.56 muestra la velocidad de la pérdida en la dimensión vertical al día durante el primer, el segundo periodo y el periodo total.

Tabla IV.56. Velocidad de la pérdida vertical en el primer periodo, segundo periodo y en el periodo total.

Punto de medida	velpv_1p			velpv_2p			velpv_total		
	Media	IC 95%		Media	IC 95%		Media	IC 95%	
		Inferior	Superior		Inferior	Superior		Inferior	Superior
M_v	4,3	-3,3	12,0	2,6	-0,7	6,0	2,6	0,0	5,3
M_1	-1,5	-9,9	6,9	2,9	-1,4	7,1	1,6	-1,1	4,4
MV	14,4	3,7	25,0	2,5	-1,6	6,7	5,7	3,0	8,4
ML	1,3	-1,4	4,0	1,4	-0,1	2,8	1,1	-0,1	2,4
V	22,6	12,2	33,1	1,9	-0,2	4,1	7,5	4,5	10,4
L	2,8	-5,4	11,0	0,8	-2,3	3,9	0,9	-1,3	3,1
DV	46,8	29,1	64,5	-0,9	-4,6	2,8	12,0	8,0	16,0
DL	6,6	-1,2	14,4	-0,5	-4,6	3,5	1,9	-1,0	4,8
D	78,0	54,2	101,8	-12,4	-19,0	-5,7	14,3	7,9	20,8

IC 95%: Intervalo de confianza al 95%. Todas las medidas se refieren a micras al día ($\mu\text{m}/\text{día}$). El valor positivo en la media significa una pérdida vertical.

Al analizar los resultados obtenidos con el test t se encontró una velocidad de pérdida vertical en el primer periodo estadísticamente significativa en los puntos **MV**, **V**, **DV** y **D**. En el segundo periodo la velocidad únicamente fue significativa en el punto **D**,

encontrándose un ganancia en la altura. En cuanto al periodo total, la velocidad de pérdida vertical resultó significativa nuevamente en los puntos **MV**, **V**, **DV** y **D**.

Al comparar la velocidad media de pérdida vertical entre el primer y el segundo periodo, se encontraron diferencias estadísticamente significativas en los puntos **V**, **DV** y **D** (Tabla IV.57). Los resultados indican que hay diferencias significativas entre la velocidad de pérdida vertical del primer y del segundo periodo, siendo la pérdida en la dimensión vertical mayor en el primer periodo.

Tabla IV.57. Diferencias en la velocidad de pérdida vertical entre el primer periodo y el segundo periodo (velpv_1p - velpv_2p)

Punto de medida	Media	IC 95% para la diferencia		Valor p
		Inferior	Superior	
M_v	1,5	-9,4	12,3	0,782
M_l	-2,3	-11,6	7,0	0,613
MV	10,7	-4,1	25,4	0,148
ML	-0,5	-4,2	3,1	0,761
V	18,7	6,2	31,1	0,005
L	-0,1	-10,7	10,4	0,980
DV	42,5	21,9	63,0	0,000
DL	6,4	-4,1	16,8	0,217
D	83,3	54,3	112,2	0,000

IC 95%: Intervalo de confianza al 95%. Todas las medidas se refieren a micras al día ($\mu\text{m}/\text{día}$). El valor positivo en la media significa una pérdida vertical. Prueba utilizada: test t.

C. Comparación de medias de las velocidades de pérdida en la dimensión vertical al día.

La comparación de medias con las diferentes variables se realizó en cada uno de los puntos de medida, pero los resultados que se presentan hacen referencia a los puntos localizados en la cara vestibular y al punto D durante el primer periodo, ya que fueron los que mostraron diferencias significativas en los análisis anteriores. De la misma forma, sólo se describen los resultados de la velocidad de pérdida vertical durante el primer periodo porque fue en el momento en el que se apreciaron cambios significativos. Por otra parte, la

comparación de medias se realizó mediante el test ANOVA, ya que en el estudio de la normalidad de la muestra se obtuvo una distribución normal.

Las diferencias más relevantes se encontraron en las variables que caracterizaban el diente extraído y el tipo de extracción. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) en la velocidad de pérdida vertical durante el primer periodo en los puntos V y D dependiendo de la **posición del diente extraído**. De esta forma, la pérdida fue menor en los dientes erupcionados que en los submucosos (Figura IV.8). Esta tendencia también se observó en los puntos restantes, aunque en ellos no fue significativa.

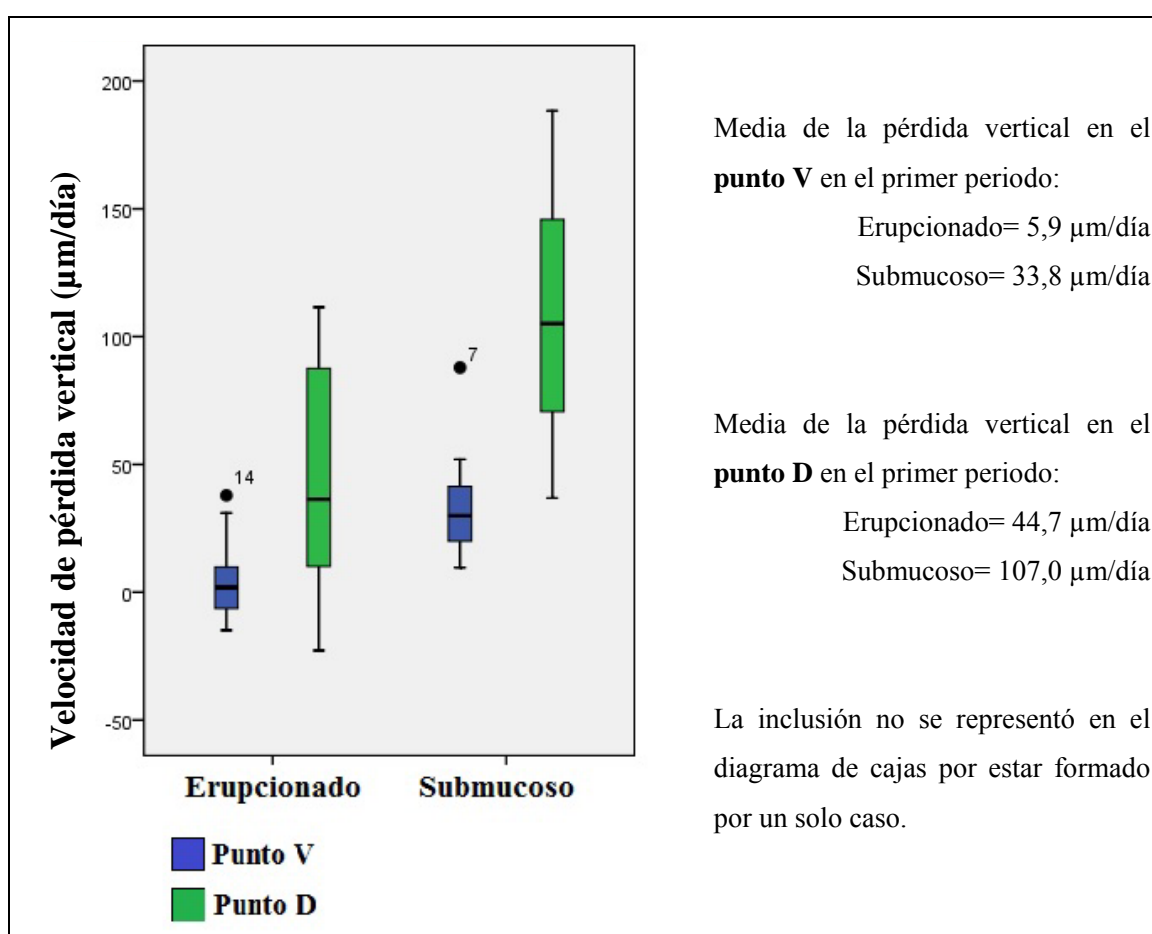


Figura IV.8: Velocidad de pérdida vertical en el primer periodo dependiendo de la posición del 3^{er} molar extraído.

En cuanto a la **relación del 3^{er} molar con respecto a la rama ascendente de la mandíbula y el segundo molar**, la velocidad de la pérdida vertical fue significativamente

menor en los dientes que se encontraban en una relación de tipo I en los puntos DV y D durante el primer periodo, tal y como se muestra en la Figura IV.9.

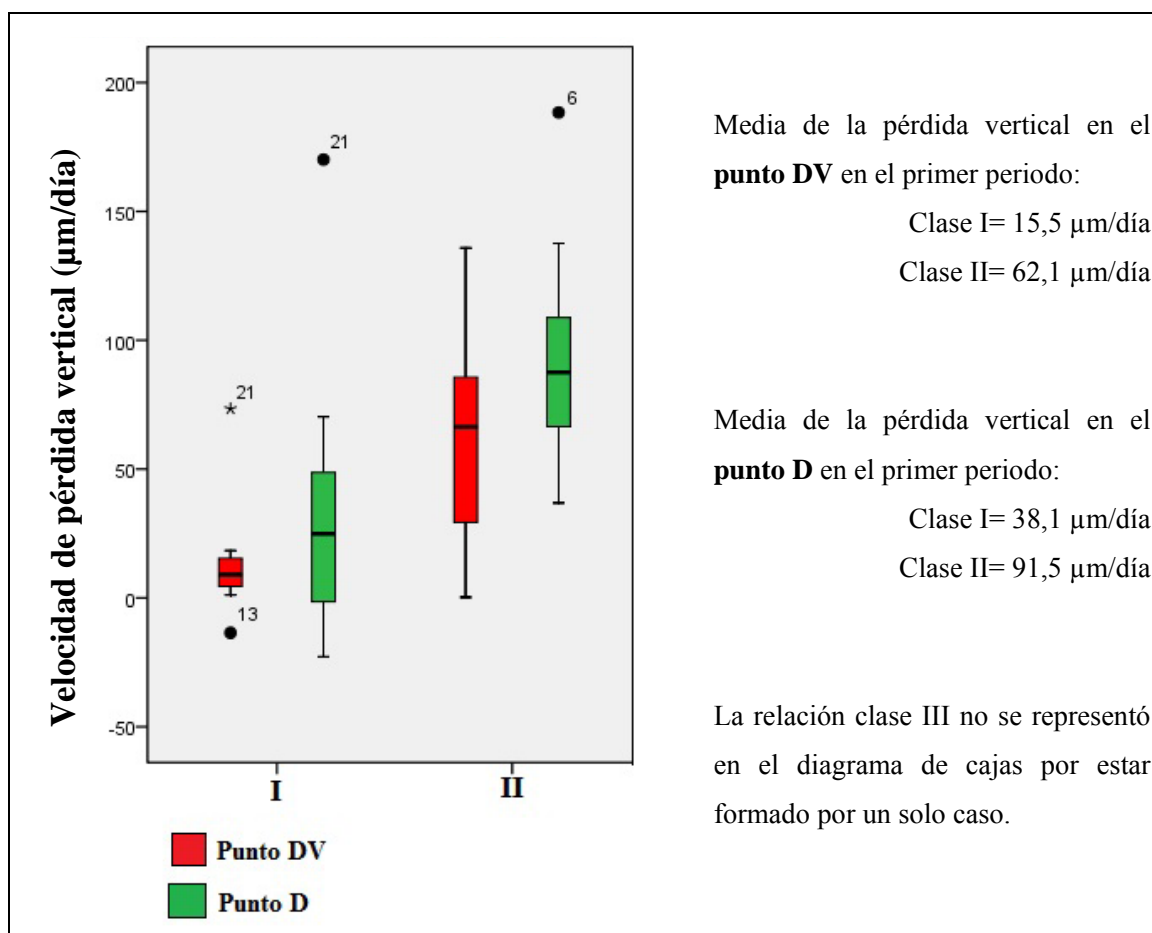


Figura IV.9: Velocidad de pérdida vertical en el primer periodo dependiendo de la relación del 3^{er} molar con respecto a la rama ascendente de la mandíbula y el segundo molar. I: existe suficiente espacio entre la rama ascendente de la mandíbula y la parte distal del segundo molar para albergar todo el diámetro mesiodistal de la corona del tercer molar. II: el espacio entre la rama ascendente de la mandíbula y la parte distal del segundo molar es menor que el diámetro mesiodistal de la corona del tercer molar. III: todo o casi todo el tercer molar está dentro de la rama de la mandíbula.

Asimismo, se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la velocidad de pérdida vertical dependiendo de la **profundidad relativa del 3^{er} molar en el hueso**. La pérdida en la dimensión vertical fue estadísticamente mayor cuando el diente extraído se localizaba en posición B en los puntos DV y D (Figura IV.10).

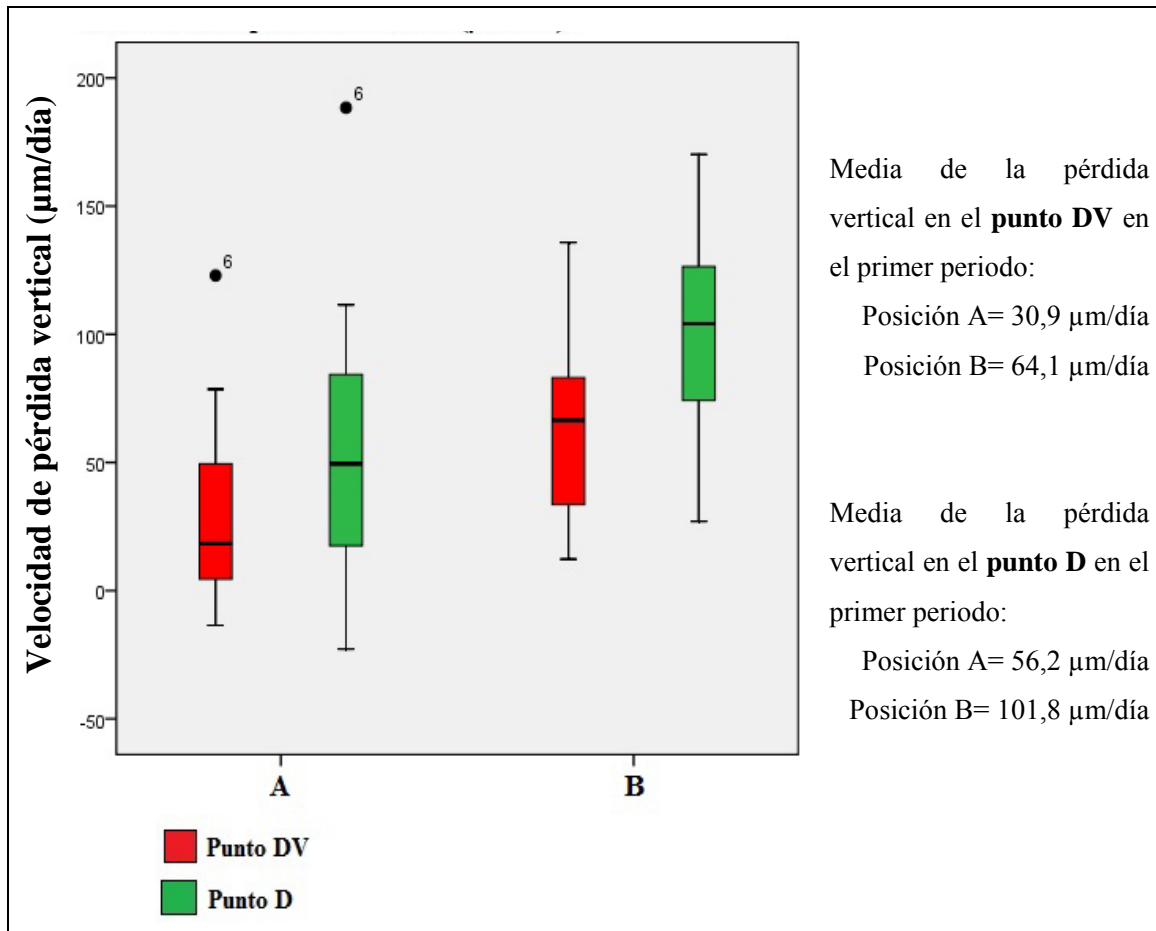


Figura IV.10: Velocidad de pérdida vertical en el primer periodo dependiendo de la profundidad relativa del tercer molar en el hueso. A: el punto más alto del diente incluido está al nivel, o por arriba, de la superficie oclusal del segundo molar. B: el punto más alto del diente se encuentra por debajo de la línea oclusal pero por arriba de la línea cervical del segundo molar.

Al evaluar la pérdida vertical dependiendo de la posición del 3^{er} molar en relación con el eje longitudinal del segundo molar (**clasificación de Winter**) y de su **relación con las corticales** externa e interna del hueso mandibular, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas.

En cuanto a las características de la extracción, la pérdida vertical fue significativamente mayor en las extracciones que requirieron la realización de un **colgajo**, en los puntos V, DV y D, tal y como se muestra en la Figura IV.11.

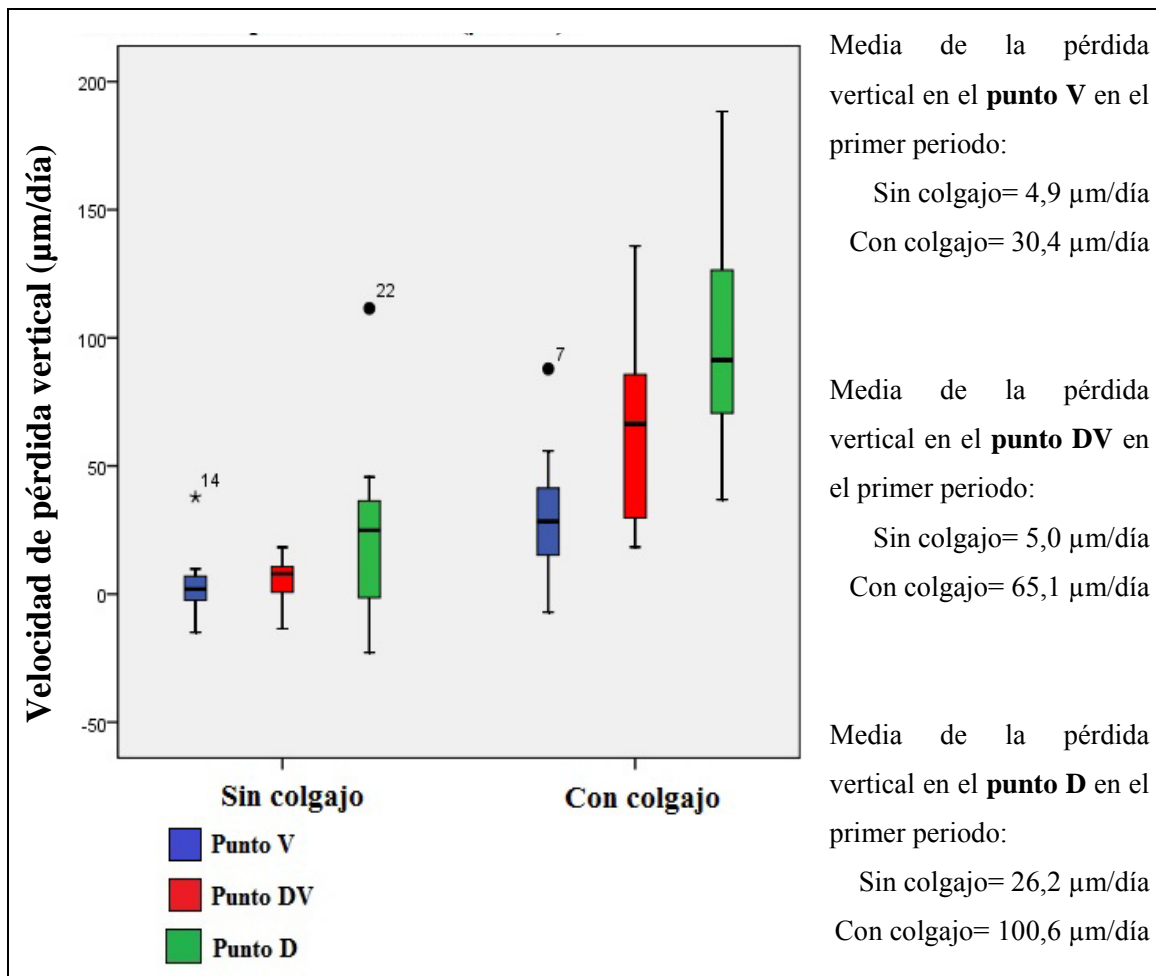


Figura IV.11: Velocidad de pérdida vertical en el primer periodo dependiendo de la realización de un colgajo.

La realización de **ostectomía** también se relacionó significativamente con la velocidad de pérdida vertical en los puntos V y DV. Además de encontrarse estas diferencias significativas, también se halló una correlación significativa entre la pérdida vertical y la cantidad de milímetros de hueso eliminados durante la ostectomía mediante la correlación de Pearson (Figura IV.12).

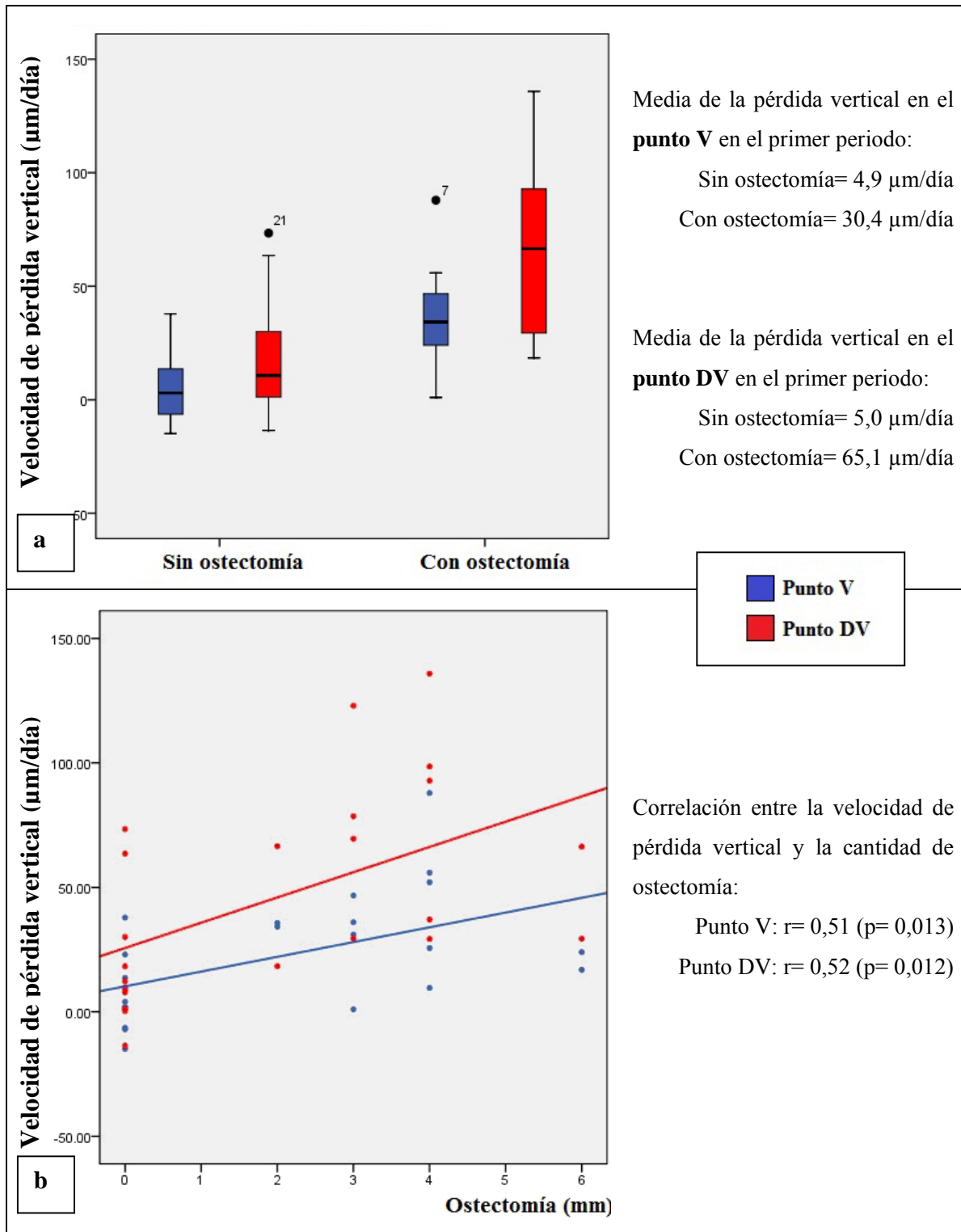


Figura IV.12: (a) Velocidad de pérdida vertical en el primer periodo dependiendo de la realización de osteotomía. (b) Gráfico de dispersión con la recta de ajuste que muestra la correlación entre la velocidad de pérdida vertical y la cantidad de osteotomía en milímetros.

En cambio, la realización de **odontosección** no produjo cambios significativos en la velocidad de pérdida vertical.

En el caso de haber sido necesaria una extracción quirúrgica, si que se produjo una correlación significativa entre la pérdida vertical y el **tiempo de duración de la cirugía**, como se aprecia en la Figura IV.13.

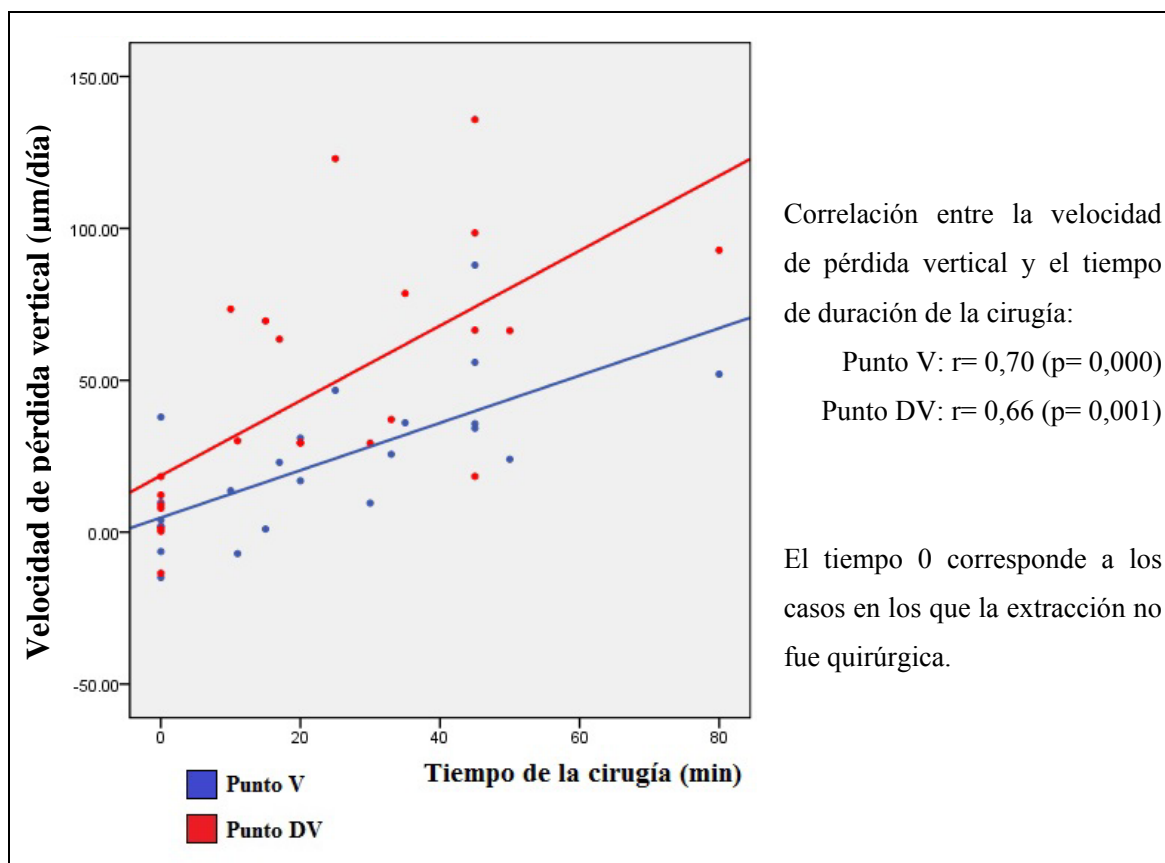


Figura IV.13: Gráfico de dispersión con la recta de ajuste que muestra la correlación entre la velocidad de pérdida vertical y el tiempo de duración de la cirugía en minutos.

Por último, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas al evaluar el **estado periodontal**, ni se halló una correlación significativa entre la pérdida vertical y el **índice de placa general** y el **índice de placa del 2º molar**.

3. 3. Superposiciones de los tejidos adyacentes al 2º molar inferior

La superposición de las imágenes tridimensionales obtenidas mediante CLSM en el momento de la extracción del cordal, al mes y a los 3 meses post-extracción permitió conocer la influencia de la extracción del 3^{er} molar sobre los tejidos adyacentes al 2º molar.

Los puntos donde se evaluaron las superposiciones fueron el **punto V**, por ser el más central, y el **punto D**, por ser el punto donde los cambios resultaron más acusados.

La Tabla IV.58 muestra las frecuencias de repetición de cada uno de los patrones de la altura de los tejidos, en el punto V y en el D.

Tabla IV.58. Frecuencias de repetición de los patrones de remodelación en la dimensión vertical de los tejidos adyacentes al 2º molar después de la extracción del cordal, en los puntos V y D.

Punto V		Punto D	
Patrón	Porcentaje (%)	Patrón	Porcentaje (%)
0, 1, 3	26,1	0, 1, 3	8,7
0, 3, 1	60,9	0, 3, 1	78,3
0, 1	13	0, 1	13

Tanto en el punto V como en el D, el patrón de remodelación de los tejidos adyacentes al 2º molar después de la extracción del 3^{er} molar inferior fue el patrón 0, 3, 1. En este patrón, la pérdida vertical post-extracción fue más acusada al mes de la exodoncia, mientras que a los 3 meses los tejidos recobraron parte de su altura, aunque la pérdida vertical no llegó a restablecerse por completo.

Un ejemplo de este patrón de remodelación de los tejidos adyacentes al 2º molar en el punto D se muestra en la Figura IV.14, correspondiente a los perfiles en el momento de la exodoncia, 1 y 3 meses post-extracción del segundo molar inferior derecho (4.8).

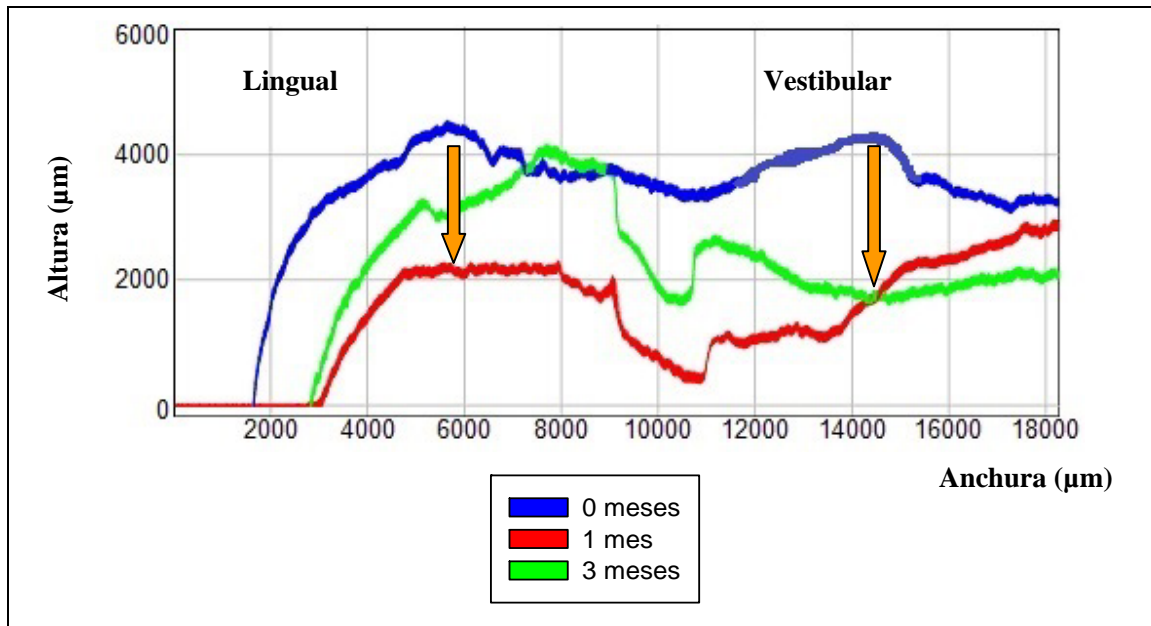


Figura IV.14: Perfiles de los tejidos adyacentes al 2º molar inferior derecho (4.8) en el punto D en el momento inicial (línea azul), al mes (línea roja) y a los 3 meses de la exodoncia (línea verde).

V. DISCUSIÓN

V. DISCUSIÓN

Una vez mostrados los resultados obtenidos en el apartado IV, se van a comentar desde un punto de vista odontológico.

1. FIABILIDAD DE LA TÉCNICA

Los resultados de evaluar la exactitud con la que las impresiones de silicona de adición y su posterior vaciado con escayola reproduce la morfología de los modelos originales, demuestran que no había diferencias dimensionales entre la muestra original y la réplica de escayola. Asumiendo la exactitud de la Microscopía Láser Confocal de Barrido (CLSM), al no encontrarse diferencias significativas entre las mediciones realizadas a los dientes naturales y a las réplicas en escayola, se puede proponer que dicha técnica reproduce la morfología de los tejidos orales de forma exacta. Por tanto, el uso de impresiones de silicona de adición y su posterior vaciado con escayola es una técnica precisa y estable para valorar los cambios en el alveolo post-extracción que pretende esta Tesis Doctoral.

La precisión de la siliconas de adición ha sido valorada en varios estudios, obteniéndose resultados similares (1-5), que demuestran su excelente estabilidad dimensional y reproductibilidad.

Además, en un estudio piloto anterior (6) se obtuvieron cambios morfológicos en el alveolo post-extracción del orden de milímetros, mientras que las diferencias medias encontradas entre las muestras originales y sus réplicas obtenidas mediante la impresión con silicona y vaciado del modelo con escayola son del orden de micras. Por tanto, el error de la técnica (impresión de silicona y vaciado del modelo con escayola) resulta despreciable frente a las medidas realizadas (cambios dimensionales del alveolo post-extracción).

Asimismo, la comparación de las muestras originales y sus réplicas de escayola obtenidas por la técnica de las impresiones de silicona también puede ser aplicadas a la práctica clínica diaria. Uno de los pasos más importantes en la realización de las restauraciones protésicas es la obtención de un modelo preciso mediante la impresión exacta del diente que va a ser restaurado y sus tejidos adyacentes. La toma de impresiones

con silicona de adición y su posterior vaciado con escayola permite reproducir fielmente las estructuras de la cavidad bucal.

En los resultados presentados, se observa que en todas las medidas la réplica de escayola era ligeramente más pequeña que la muestra original. Esto puede deberse a que el material sufra una cierta contracción, que, por otra parte, resulta prácticamente insignificante. En la práctica clínica, esta ligera contracción permite una adaptación más precisa de la restauración protésica, por ejemplo, en el caso de las restauraciones fijas dento o implanto-soportadas.

Por último, la técnica utilizada para realizar las impresiones de silicona fue la de un solo paso. La razón de utilizar esta técnica fue que presenta una mayor precisión que la técnica en dos pasos (3, 7).

Por otra parte, la técnica puesta a punto también podría utilizarse en la comparación de los diferentes materiales de impresión o de las diferentes marcas de un mismo material que existen en el mercado, gracias al gran poder de resolución de la CLSM. De esta forma se puede objetivar qué material reproduce con mayor fiabilidad la morfología de los tejidos dentales.

2. ESTUDIO DEL ALVEOLO POST-EXTRACCIÓN

2. 1. Descripción de la muestra

La muestra del estudio estuvo compuesta por 82 participantes, que acudieron a la revisión del primer mes post-extracción. De estos, 74 volvieron a los 3 meses después de la exodoncia. La tasa de abandonos por tanto se sitúa en el 9,8%. Estos abandonos no se debieron a enfermedad grave o fallecimiento, sino a que los participantes no quisieron volver a que se les realizara la revisión. Posiblemente la causa esté en que la mayoría de los participantes en el estudio eran individuos sanos, que al no presentar ninguna sintomatología después de la extracción, no consideraron necesaria la revisión.

Los días transcurridos hasta la revisión del primer y tercer mes no fueron en todos los casos exactamente 30 y 90 días respectivamente. Para minimizar las variaciones que surgieran debido a las diferencias en el tiempo, las medidas obtenidas en cada participante al mes y a los tres meses se dividieron entre los días transcurridos hasta dichas revisiones. De esta forma se obtuvieron velocidades de cambios morfológicos al día, que resultarán más precisas.

La mayoría de los participantes eran individuos sanos que no tomaban medicación y no fumadores. En cuanto a la edad de los participantes, la media y la dispersión de los datos no cambió entre las mediciones del mes y de los tres meses post-extracción.

Al analizar la distribución por sexo de los participantes en el estudio, se observó un mayor porcentaje de mujeres que no acudieron a la revisión final, habiendo mayor cantidad de hombres en el estudio.

La distribución del resto de las variables del estudio se mantuvo estable en la revisión de los 3 meses pese a los participantes que no acudieron.

2.2. Distancia mesio-distal

Cuando se pierde un diente, la integridad estructural de la arcada dentaria queda interrumpida, existiendo una realineación de los dientes hasta conseguir un nuevo estado de equilibrio. Con frecuencia, los dientes adyacentes al espacio edéntulo se mueven hacia él.

Especialmente aquéllos situados por distal del espacio edéntulo pueden moverse en masa, aunque es mucho más habitual que lo hagan con un movimiento de inclinación (8).

En este estudio se obtuvo que tanto el movimiento mesio-distal y el porcentaje de movimiento en cada uno de los puntos era claramente significativo al analizar las medidas con el test t. Es decir, que hay una reducción franca del espacio edéntulo tanto al mes como a los 3 meses de la extracción. Esta reducción fue similar en los 5 puntos de medida, que se debería a una reducción homogénea de la distancia mesio-distal, sin implicar rotaciones de las piezas dentales. El movimiento mesio-distal al mes en el punto central del alveolo post-extracción fue de 343 μm (IC 95%: 493- 194 μm) y a los 3 meses, de 672 μm (IC 95%: 905- 439 μm). Los porcentajes de movimiento en el punto central fueron de 3,1% y 6,3 % al mes y a los 3 meses de la exodoncia respectivamente. Estos resultados reflejan una disminución de la distancia mesio-distal al mes de la extracción que prosigue a los 3 meses de la exodoncia.

Aunque en el estudio las medidas fueron tomadas al mes y a los 3 meses de la extracción, para minimizar las variaciones que se pudieran producir debido a que las medidas no fueron tomadas en todos los pacientes al día 30 y al 90, se decidió estudiar la velocidad del movimiento mesio-distal al día. La media de la velocidad de movimiento durante el primer periodo en el punto 3, que corresponde a la medida central, fue de 10,3 $\mu\text{m}/\text{día}$. Con este dato se puede obtener que la reducción media de la distancia mesio-distal durante el **primer mes** (primeros 30 días) fue de 309 μm (IC 95%: 423- 195 μm). La media de la velocidad de movimiento durante el segundo periodo en el punto 3 fue de 5,4 $\mu\text{m}/\text{día}$. Esto supone que **entre el primer y el tercer mes** post-extracción (entre el día 30 y el 90) la reducción de la distancia mesio-distal fue de 324 μm (IC 95%: 450- 192 μm). La media de la velocidad de movimiento total en el punto 3 fue de 7,3 $\mu\text{m}/\text{día}$. Esto implica que a los **3 meses** post-extracción la reducción de la distancia mesio-distal fue de 657 μm (IC 95%: 891- 414 μm).

En los estudios previos que analizaron la morfología del alveolo post-extracción no se han encontrado datos acerca del movimiento mesio-distal del diente distal al espacio edéntulo, ya que la mayoría de los estudios se basaron en la evaluación en mandíbulas edéntulas, tanto de cadáveres como de individuos vivos, por lo que sólo se pudo observar la remodelación vestíbulo-lingual y la disminución de la altura alveolar.

Al comparar la velocidad media de reducción de la distancia mesio-distal entre el primer y el segundo periodo, se encontraron diferencias estadísticamente significativas. Estos resultados implican que hay diferencias importantes entre la velocidad de movimiento del primer y del segundo periodo, siendo ésta mayor en el primer periodo. Es decir, que la velocidad de movimiento es mayor durante el primer mes. Posteriormente, la velocidad de movimiento se reduce, siendo ésta menor durante el segundo y el tercer mes. Esta forma de movimiento hacia el espacio edéntulo puede deberse a que con el paso del tiempo se va obteniendo un nuevo estado de equilibrio de la arcada dentaria. A medida que este equilibrio se consigue, la velocidad de movimiento mesio-distal se va reduciendo.

La Figura V.1 muestra la reducción de la distancia mesio-distal a lo largo del tiempo dependiendo de la velocidad de movimiento en el primer y el segundo periodo para el punto central (punto 3) del alveolo post-extracción. Se observa que la pendiente de la recta en el primer periodo es más acusada que en el segundo periodo, debido a que la velocidad de movimiento mesio-distal es mayor en el primer periodo. Cabría esperar que a medida que pase el tiempo la pendiente tienda a estabilizarse, debido a la disminución de la velocidad con el paso del tiempo.

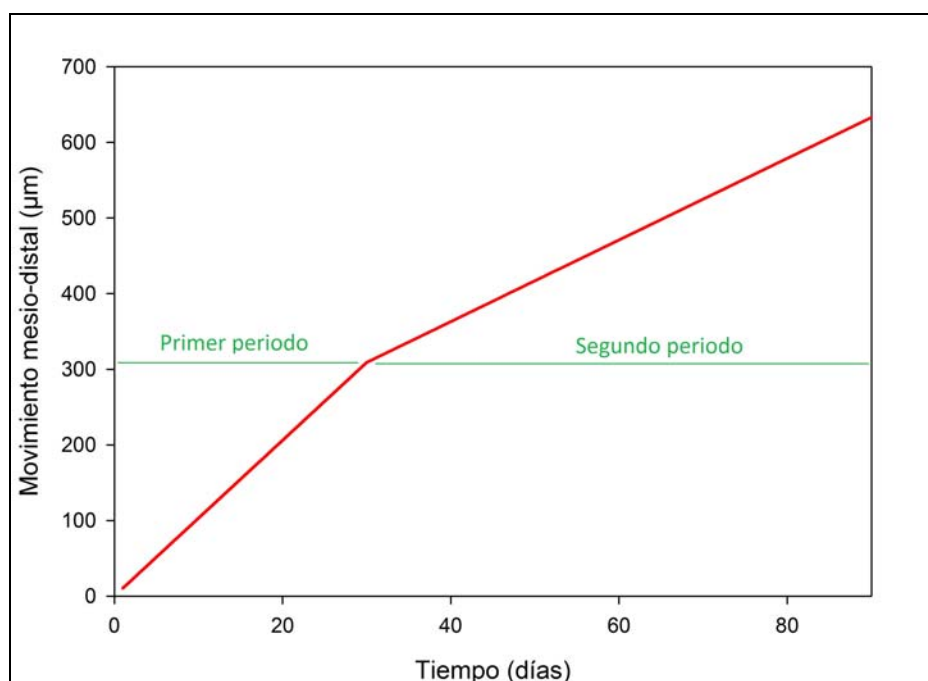


Figura V.1: Gráfico de la reducción de la distancia mesio-distal a lo largo del tiempo dependiendo de la velocidad de movimiento en el primer y el segundo periodo.

En cuanto a la comparación de la velocidad de movimiento en el punto central dependiendo del **tipo de pieza dental**, se encontró una velocidad de movimiento mesio-distal menor en las extracciones de restos radiculares que en los dientes con corona, tanto en el primer y segundo periodo como en el periodo total. Estos datos también se confirman al valorar el modelo de regresión para la velocidad de movimiento total en el punto 3, mostrado en la Tabla IV.21. En este análisis multivariante, para dos extracciones de características completamente idénticas, excepto en el tipo de pieza, la velocidad de movimiento total en la extracción del resto radicular sería 5,3 $\mu\text{m}/\text{día}$ menos que en la extracción del diente completo, es decir, una diferencia de 477 μm a los 3 meses.

La asociación entre el movimiento mesio-distal y el tipo de pieza extraída puede explicarse porque la extracción de un resto radicular suele realizarse tiempo después de la pérdida de la corona. Al perder la corona, el diente distal sufre la migración hacia el espacio de extracción antes incluso de que se haya exodonciado el resto radicular. De esta forma, es posible que el diente distal ya haya sufrido parte de la realineación para llegar al nuevo equilibrio, por lo que el movimiento que se pueda producir después de la extracción del resto radicular, desde donde se ha comenzado a valorar en este estudio, será menor que la que acontece cuando se extrae un diente con corona.

Por otra parte, se halló una mayor velocidad de movimiento en las extracciones de los **molares** que en las de los incisivos, caninos y premolares en las tres velocidades estudiadas. Esta mayor velocidad de movimiento puede deberse a que los molares estén sometidos a mayores fuerzas en la arcada dentaria, por lo que su extracción supondría un mayor movimiento mesio-distal para encontrar el equilibrio. Podría pensarse también que este mayor movimiento se deba a que los molares ocupan mayor espacio en la arcada. Si esta fuera la razón, al realizar un análisis comparativo entre los porcentajes de movimiento respecto a la distancia mesio-distal inicial, los porcentajes deberían ser similares independientemente del diente estudiado. En cambio, dichos porcentajes de movimiento al mes y a los 3 meses de la extracción siguen siendo mayores para los molares. Por tanto, parece que en la mayor velocidad de movimiento mesio-distal de los molares tienen mayor influencia las fuerzas extrínsecas.

Se encontró una mayor velocidad de movimiento en las extracciones en las que el diente distal al espacio edéntulo no tenía **antagonista**. Estos resultados también se

muestran en el modelo de regresión obtenido, donde la velocidad de movimiento total sería de 8,8 $\mu\text{m}/\text{día}$ menos que si el diente distal al espacio edéntulo tuviera antagonista, es decir que la reducción de la distancia mesio-distal sería de 792 μm menos si el diente distal ocluye con un antagonista. Nuevamente esta situación podría explicarse debido a la realineación de los dientes después de la extracción. La obtención del nuevo equilibrio se conseguiría más fácilmente si el diente distal puede ocluir con un antagonista.

En cuanto a que la velocidad de movimiento mesio-distal durante el primer periodo y el periodo total, pero no en el segundo periodo, fuera mayor en las extracciones de pacientes sin **enfermedad**, parece estar relacionado con que en estos casos la mayoría de las extracciones fueron de dientes con corona, y en los casos en los que se extrajo un resto radicular, el diente distal al espacio edéntulo no presentaba antagonista. Estas variables son precisamente las que se asocian con una mayor velocidad de movimiento, por lo que se puede determinar que ésta es la razón por la que se encontró una mayor velocidad en este tipo de pacientes.

2. 3. Anchura vestibulo-lingual

Cuando se extrae un diente, el tejido que lo rodea, el periodonto, se atrofia, pues pierde su función (9). Por tanto, estos cambios no solo generan una reabsorción del hueso alveolar, sino que se generan cambios morfológicos en los tejidos blandos adyacentes (10). La mayor remodelación se produce en la anchura vestibulo-lingual, siendo más pronunciada en la vertiente vestibular, y parece que está limitada al tercio marginal del alveolo post-extracción (11).

En la presente Tesis se observó que la mayor remodelación vestibulo-lingual se produjo en el punto central del alveolo post-extracción (punto 3 de medida), siendo menor cuanto más a distal o mesial de este punto central se tome la medida. Una posible explicación para esta tendencia sería que la remodelación de la anchura está determinada en parte por la presencia o ausencia de los dientes vecinos. Por tanto, habría una menor disminución de la anchura a nivel mesial/distal por la estabilidad que confiere la presencia de los dientes adyacentes.

La remodelación de la anchura vestibulo-lingual al mes de la extracción en el punto central fue de 4,1 mm (IC 95%: 3,63- 4,57 mm) y a los 3 meses, de 6,15 mm (IC 95%: 5,54- 6,76 mm). El porcentaje de la remodelación con respecto a la anchura inicial, al mes de la extracción fue de 26,6%, y a los tres meses, de 39,4%. Estos resultados reflejan una disminución de la anchura vestibulo-lingual al mes de la extracción que continúa a los 3 meses de la exodoncia.

Schroop y cols. (10) encontraron una reducción de más del 50% después de un año de la extracción dental, de la que dos terceras partes se produjeron durante los 3 primeros meses. Estos resultados significan que durante esos 3 meses la reabsorción había sido aproximadamente del 33,3%. Estos resultados son similares a los hallados en este estudio. Por su parte, Kerr y cols. (12) hallaron un porcentaje de reabsorción horizontal en el hueso alveolar del 32% a los tres meses, que sería similar a la remodelación observada en este estudio.

Aunque en este estudio las medidas fueron tomadas al mes y a los 3 meses de la extracción, de la misma forma que se hizo para el estudio del movimiento mesio-distal, se decidió estudiar la velocidad de remodelación vestibulo-lingual. La media de la velocidad de remodelación durante el primer periodo en el punto 3 fue de 132,3 $\mu\text{m}/\text{día}$. Con este dato se puede obtener que la reducción media de la anchura vestibulo-lingual durante el **primer mes** (primeros 30 días) fue de 3,97 mm (IC 95%: 3,51- 4,41 mm). La media de la velocidad de movimiento durante el segundo periodo en el punto 3 fue de 32,8 $\mu\text{m}/\text{día}$. Esto implica que **entre el primer y el tercer mes** post-extracción (entre el día 30 y el 90) la reducción de la anchura vestibulo-lingual fue de 1,97 mm (IC 95%: 1,6- 2,33 mm). La media de la velocidad de movimiento total en el punto 3 fue de 67,1 $\mu\text{m}/\text{día}$. Esto conlleva que a los **3 meses** post-extracción la reducción de la anchura vestibulo-lingual fue de 5,84 mm (IC 95%: 5,12- 6,76 mm).

Schopp y cols. (10) encontraron una reducción en la anchura de 3,8 mm a los 3 meses, pero no tomaron las medidas de la superficie alveolar, sino de una zona más apical. La mayor remodelación alveolar se produce en la zona del proceso alveolar, siendo esta menor cuanto más apical se tomen las medidas (13).

En dos revisiones sistemáticas para valorar el patrón de reabsorción alveolar post-extracción, los autores encontraron una reducción en anchura de 3,87 (9) y 3,79 mm (13).

Estos resultados sólo expresan los cambios óseos, a los que habría que sumar los cambios en los tejidos blandos.

Por último, Thalmair y cols. (14) valoraron los cambios volumétricos post-extracción después de diferentes técnicas de preservación del reborde alveolar en dientes anteriores y premolares. En su grupo control encontraron una reducción a los 4 meses de $2,3 \pm 1,1$ mm en la vertiente vestibular. Se ha sugerido que habría una mayor reabsorción ósea en la superficie vestibular, y por tanto una mayor remodelación, debido a que a este nivel habría una proporción relativamente mayor de hueso fasciculado que pierde su función y se atrofia después de la extracción dental (11).

Por otra parte, al comparar la velocidad media de reducción de la anchura vestibulo-lingual entre el primer y el segundo periodo, se encontraron diferencias estadísticamente significativas en todos los puntos de medida (Tabla IV.25). Los resultados indican que hay diferencias significativas entre la velocidad de remodelación del primer y del segundo periodo, siendo ésta mayor en el primer periodo. Es decir, que la velocidad de remodelación es mayor durante el primer mes. Posteriormente, la velocidad de remodelación se reduce, siendo ésta menor durante el segundo y el tercer mes. Parece ser que la remodelación se produce más rápidamente en los primeros 6 meses, pero la actividad continuaría durante toda la vida a un ritmo más lento (9).

La Figura V.2 muestra la reducción de la anchura vestibulo-lingual a lo largo del tiempo dependiendo de la velocidad de remodelación en el primer y el segundo periodo. Se observa que la pendiente de la recta en el primer periodo es más acusada que en el segundo periodo, debido a que la velocidad de remodelación vestibulo-lingual es mayor en el primer periodo. Cabría esperar que a medida que pase el tiempo la pendiente tienda a estabilizarse, debido a la disminución de la velocidad con el paso del tiempo.

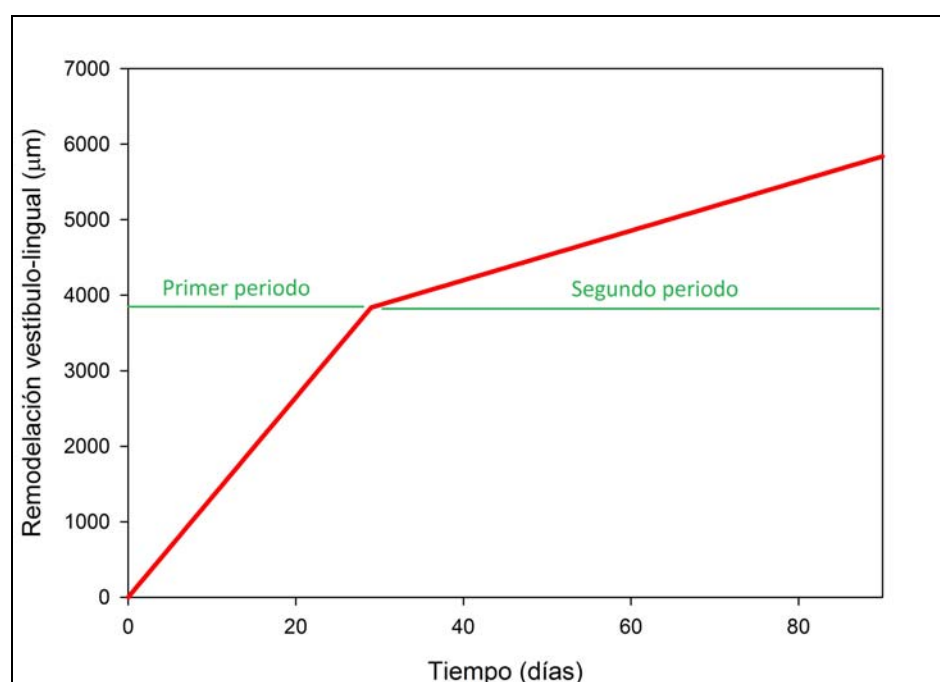


Figura V.2: Gráfico de la reducción de la anchura vestibulo-lingual a lo largo del tiempo dependiendo de la velocidad de remodelación en el primer y el segundo periodo.

Pietrokovsky y Massler (15) encontraron que el tejido reabsorbido fue mayor en la zona molar que en la incisal o premolar.

En este estudio se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la velocidad de remodelación vestibulo-lingual dependiendo del **tipo de diente** mediante el test ANOVA. Los resultados muestran que la reabsorción es mayor en la zona molar que en la premolar y en la zona anterior, tanto en el primer periodo como en el segundo periodo y en el periodo total del estudio. Se puede pensar que la mayor remodelación se deba a que la anchura inicial es mayor y a que el alveolo post-extracción que queda después de la extracción de un molar también tiene una amplitud superior. Esta situación requeriría una mayor remodelación.

En cambio, en el modelo de regresión, teniendo en cuenta el resto de las variables, la mayor remodelación vestibulo-lingual se encontró en los dientes anteriores. En los dientes anteriores la tabla ósea vestibular es más delgada que la de la zona molar (16), por lo que puede asociarse a una mayor remodelación y por tanto, a una mayor disminución de la anchura vestibulo-lingual. Además, se ha sugerido que la mayor remodelación ocurre en

la dimensión horizontal y se produce principalmente en la vertiente vestibular del reborde alveolar (9). Parece ser que esta mayor remodelación se debe a la mayor proporción de hueso fasciculado a este nivel (11). Este hueso fasciculado se atrofia debido a la pérdida de su función tras la extracción dental. Por tanto, la mayor remodelación vestíbulo-lingual en los dientes anteriores podría explicarse por estos dos factores: una tabla vestibular más delgada y una mayor proporción de hueso fasciculado a este nivel.

En cuanto a la **localización** del diente, se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la velocidad de remodelación total, siendo esta mayor en las extracciones de dientes de la arcada inferior. Estos resultados concuerdan con el modelo de regresión presentado.

La velocidad de remodelación fue mayor en las extracciones dentales donde había una **infección** previa durante el primer periodo, mientras que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el segundo periodo. Estos resultados indicarían que la remodelación primeramente sería mayor debido a que en estas extracciones se asociaría una mayor inflamación, pero que pasada la inflamación la velocidad de remodelación se iría igualando a la del resto de exodoncias. Hay que tener en cuenta este tipo de extracciones porque la reducción en la anchura vestíbulo-lingual será probablemente mayor que en las extracciones donde no haya infección previa.

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la velocidad de remodelación de la anchura vestíbulo-lingual de pacientes **fumadores**, siendo ésta menor que en los no fumadores. Es probable que estos resultados estén influidos por el resto de variables del estudio, coincidiendo los pacientes fumadores con extracciones en las que la velocidad de remodelación era menor, ya que en la mayoría de estudios está determinado que el tabaco influye negativamente en la formación de hueso (17-21).

Se halló una correlación negativa entre la velocidad de remodelación y la **edad** de los pacientes, de tal forma que en los pacientes de mayor edad se relacionaron con valores inferiores en la remodelación vestíbulo-lingual. Esta relación podría deberse a las características del periodonto en estos pacientes. Por ejemplo, si el hueso alveolar tuviera mayor cantidad de hueso cortical, este se reabsorbería a menor velocidad. Otra hipótesis podría ser que cuanto mayor sea la edad, la tasa de remodelación alveolar sea menor, por lo que en estos pacientes se encontraría una menor remodelación post-extracción.

Se encontraron diferencias significativas en los pacientes que tomaban **estatinas**. Estos resultados apoyan a los encontrados en la revisión sistemática de Fu y cols. (22), donde las estatinas estaban relacionadas con la formación de hueso y con su mayor densidad.

Por último, en el modelo de regresión se hallaron diferencias en la velocidad de remodelación dependiendo del **estado periodontal**. Según el modelo de regresión, para dos extracciones de características completamente idénticas, excepto en el estado periodontal, la velocidad de remodelación total en la extracción de un paciente con periodontitis sería 19,7 $\mu\text{m}/\text{día}$ más que en la extracción de un paciente sin patología periodontal, por lo que a los 3 meses la anchura vestíbulo-lingual se habría reducido aproximadamente 1,77 mm más. En el caso de que el paciente tuviera periodontitis, la reducción de la anchura vestíbulo-lingual a los 3 meses sería de 1,48 mm más que en un paciente sin patología periodontal.

Estos resultados parecen ser debidos a la inflamación que provoca la enfermedad periodontal. Esta inflamación es la responsable de la pérdida de soporte dental. Cuando se extrae el diente se elimina la enfermedad localizada, pero el estado inflamatorio del resto de la cavidad oral podía ser el responsable de la mayor remodelación en la zona edéntula.

2. 4. Altura alveolar

De la misma forma que la anchura alveolar sufre una remodelación cuando un diente es extraído, la altura alveolar se reestructura después de la exodoncia debido a la pérdida de función del proceso alveolar.

En este estudio se obtuvo una disminución de la altura lingual y vestibular tanto al mes como a los 3 meses de la extracción en todos los puntos donde se realizaron las mediciones.

El reborde vestibular se encontró más apical que el lingual en todos los puntos de medida y en todas las mediciones. En el punto central la diferencia media de altura entre el reborde lingual y el vestibular en el momento de la extracción fue de 1,17 mm. Al mes y a los 3 meses de la extracción la diferencia media se redujo a 0,71 y 0,61 mm respectivamente. Esta disminución de la diferencia entre la altura vestibular y lingual a

medida que pasa el tiempo puede deberse a una mayor velocidad de disminución de la altura lingual que la vestibular durante el primer periodo, tal y como indicaron los resultados. Aun así, el reborde vestibular se encontró siempre más apical que el lingual.

En relación a estos resultados, Araujo y Lindhe (11) encontraron que la cresta alveolar vestibular se hallaba $0,9 \pm 0,3$ mm apical a la cresta lingual después de 1 mes de la exodoncia en perros. En este estudio la diferencia media al mes en el punto central resultó de 0,71 mm (IC 95%: 0,43- 0,98 mm). Ambos resultados están de acuerdo con que el reborde vestibular se encuentra apical al lingual.

La **disminución de la altura lingual** en el **punto central** (punto 2) fue de 0,99 mm (IC 95%: 0,77- 1,2 mm) al mes de la extracción, y de 0,92 mm (IC 95%: 0,67- 1,2 mm) a los 3 meses. Estos resultados reflejan una disminución de la altura lingual al mes de la extracción que no continuaría a los 3 meses de la exodoncia.

Aunque en el estudio las medidas fueron tomadas al mes y a los 3 meses de la extracción, para minimizar las variaciones que se pudieran producir debido a que las medidas no fueran tomadas en todos los pacientes al día 30 y al 90, se decidió estudiar la **velocidad de disminución de la altura lingual** al día. La media de la velocidad de disminución de la altura lingual durante el primer periodo en el **punto central**, fue de 31,4 $\mu\text{m}/\text{día}$. Con este dato se puede obtener que la reducción media de la altura lingual durante el **primer mes** (primeros 30 días) fue de 0,94 mm (IC 95%: 0,71- 1,17 mm). La media de la velocidad de disminución de la altura lingual durante el segundo periodo en el punto central fue de -1,7 $\mu\text{m}/\text{día}$. Esto supone que **entre el primer y el tercer mes** post-extracción (entre el día 30 y el 90) se produjo una ganancia en la altura lingual de 102 μm (IC 95%: -288- 90 μm). La media de la velocidad de disminución de la altura lingual total en el punto central fue de 10,1 $\mu\text{m}/\text{día}$. Esto implica que a los **3 meses** post-extracción la reducción de la altura lingual fue de 0,91 mm (IC 95%: 0,66- 1,16 mm).

En cuanto a la vertiente **vestibular**, la disminución de la altura en el **punto central** (punto 2) fue de 0,53 mm (IC 95%: 0,29- 0,77 mm) al mes de la extracción, y de 0,42 mm (IC 95%: 0,13- 0,7 mm) a los 3 meses. De la misma manera que ocurre en la altura lingual, los resultados reflejan una disminución de la altura vestibular al mes de la extracción que no proseguiría a los 3 meses de la exodoncia.

Al estudiar la **velocidad de disminución de la altura vestibular** al día, la media de la velocidad durante el primer periodo en el **punto central**, fue de 18,2 $\mu\text{m}/\text{día}$. Con este dato se puede obtener que la reducción media de la altura vestibular durante el **primer mes** (primeros 30 días) fue de 0,55 mm (IC 95%: 0,3- 0,79 mm). La media de la velocidad de disminución de la altura vestibular durante el segundo periodo en el punto central fue de -3,6 $\mu\text{m}/\text{día}$. Esto supone que **entre el primer y el tercer mes** post-extracción (entre el día 30 y el 90) se produjo una ganancia en la altura vestibular de 216 μm (IC 95%: -414 a -24 μm). La media de la velocidad de disminución de la altura vestibular total en el punto central fue de 4,6 $\mu\text{m}/\text{día}$. Esto implica que a los **3 meses** post-extracción la reducción de la altura vestibular fue de 0,41 mm (IC 95%: 0,13- 0,7 mm).

Los resultados de la velocidad de disminución de la altura lingual como los de la vestibular muestran que durante el primer mes post-extracción se produce una remodelación vertical que genera una pérdida de altura. En cambio, durante los siguientes dos meses parece que esta remodelación vertical genera en el punto central una ganancia en altura. Esto puede deberse a la forma de curación del alveolo y a la forma de medición. Las alturas alveolares se obtuvieron desde un punto fijo hasta el punto más alto del reborde alveolar. Después de la exodoncia el alveolo se reepiteliza y se va rellenando de hueso neoformado. Al mismo tiempo, se produce la remodelación del hueso antiguo. Como el reborde lingual/palatino se encuentra más coronal que el vestibular, el plano del alveolo está inclinado, por lo que la remodelación horizontal puede provocar que el punto más alto del reborde alveolar quede más apical de lo que se encontraba. Este posible mecanismo de remodelación del alveolo se muestra en la Figura V.3.

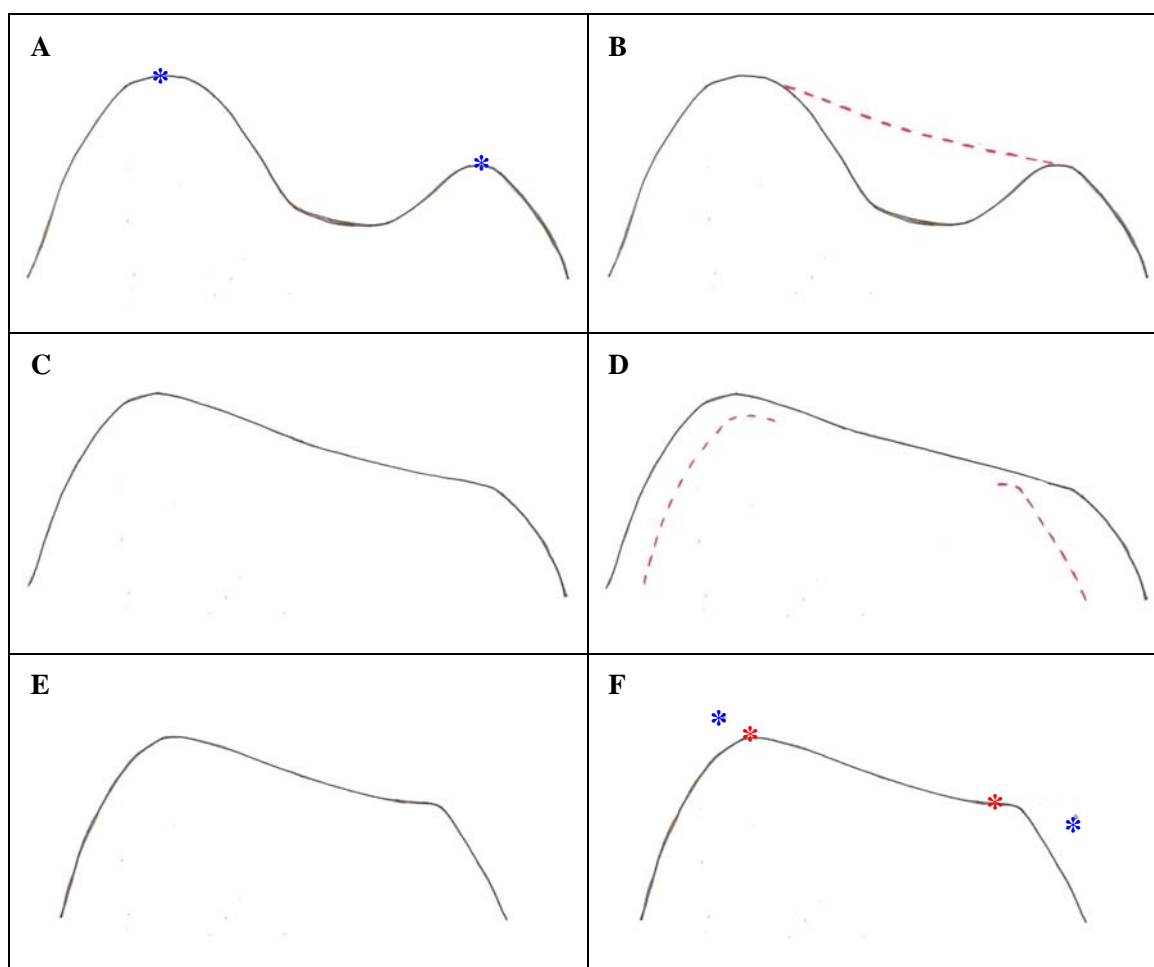


Figura V.3: Esquema de la posible remodelación del alveolo post-extracción: (A) Sección vestibulo-lingual del alveolo-post-extracción en el momento inicial. (*) marca el punto más alto a nivel vestibular y lingual. (B) Reepitelización y relleno del alveolo. (C) Nuevo perfil del alveolo post-extracción, después de la curación de la herida. (D) Remodelación del alveolo-post-extracción. (E) Perfil del alveolo post-extracción después de la remodelación. (F) Altura alveolar (*) en el momento inicial, (*) a los 3 meses.

Además, Iasella y cols. (23) encontraron una ganancia en el espesor de los tejidos blandos que recubrían el alveolo post-extracción (2,1 mm, 6 meses después de la exodoncia), lo que podría contribuir a que la remodelación vertical del alveolo post-extracción experimentara una ganancia en altura a partir del primer mes después de la exodoncia.

Por otra parte, Schropp y cols. (10) midieron los cambios morfológicos en modelos de escayola a los 3, 6 y 12 meses después de la extracción de los molares superiores,

tomando las superficies oclusales de los dientes adyacentes como referencia. Se encontró una reducción de la vertiente vestibular de 0,1 mm a los 3 meses, seguido por una ganancia neta de 0,1 mm a los 6 meses y 0,4 mm a los 12 meses. En la vertiente lingual se obtuvo una pérdida de altura de 0,8- 0,9 mm entre los 3 y 6 meses, con una pérdida neta de 0,8 mm a los 12 meses. En este estudio la disminución de la altura vestibular a los 3 meses fue mayor, pero los valores en la vertiente lingual son similares.

Aimetti y cols. (24) estudiaron los cambios verticales en el hueso después de la extracción dental mediante la reentrada en la zona edéntula. A los 3 meses de la extracción de los dientes maxilares anteriores se encontró una reducción media vertical de $1,2 \pm 0,8$ mm en vestibular y $0,9 \pm 1,1$ mm en palatino.

Por su parte, Kerr y cols. (12) analizaron los cambios post-extracción mediante radiografía. Al mes la reabsorción vertical del reborde alveolar fue de $1,01 \pm 0,39$ mm en la cara vestibular y $0,62 \pm 0,28$ mm en la lingual. A los 3 meses de la exodoncia la reabsorción vertical en la vertiente vestibular fue de $0,95 \pm 0,39$ mm y en la lingual, de $1,12 \pm 0,28$ mm. En ambos estudios se analizaron los cambios únicamente de los tejidos duros. La reabsorción vestibular fue mayor que la remodelación de la altura vestibular encontrada en la presente Tesis Doctoral.

En ambos estudios parece que se haya incluido la diferencia entre la altura vestibular y la lingual como parte de la pérdida de altura en la cara vestibular. Si en el presente estudio se suma esta diferencia a la disminución de la altura vestibular, la pérdida media en la dimensión vertical sería de 1,26 mm (IC 95%: 0,9- 1,61 mm) al mes de la extracción, y de 1,03 mm (IC 95%: 0,66- 1,4 mm) a los 3 meses.

Tan y cols. (13) realizaron una revisión sistemática para valorar los cambios dimensionales en el alveolo post-extracción. La reducción vertical en los tejidos duros fue de $1,24 \pm 0,11$ mm en la cresta vestibular a los 6 meses de la extracción. Estos resultados son similares a los encontrados en el presente estudio pero al mes de la extracción, lo que corroboraría que la mayor remodelación se produce durante el primer mes después de la extracción y que el potencial de remodelación va disminuyendo a medida que pasa el tiempo. Otro dato que avala esta hipótesis es que se encontraron diferencias significativas entre la velocidad de disminución de la altura entre el primer y el segundo periodo, siendo mayor en el primer periodo.

En cuanto al **punto mesial** del alveolo post-extracción, se encontró una **disminución de la altura lingual** de 0,86 mm (IC 95%: 0,72- 1,0 mm) al mes de la extracción, y de 1,09 mm (IC 95%: 0,94- 1,24 mm) a los 3 meses. La **disminución de la altura vestibular** fue de 0,61 mm (IC 95%: 0,41- 0,8 mm) al mes de la extracción, y de 0,85 mm (IC 95%: 0,63- 1,11 mm) a los 3 meses. En el punto mesial los resultados si que indicaron que la disminución de la altura proseguía a los 3 meses de la exodoncia.

Al estudiar la **velocidad de disminución de la altura lingual** al día, la media de la velocidad durante el primer periodo en el **punto mesial**, fue de 26,9 $\mu\text{m}/\text{día}$. Por tanto, la reducción media de la altura vestibular durante el **primer mes** (primeros 30 días) fue de 0,81 mm (IC 95%: 0,67- 0,95 mm). La media de la velocidad de disminución de la altura lingual durante el segundo periodo fue de 3,4 $\mu\text{m}/\text{día}$. Esto supone que **entre el primer y el tercer mes** post-extracción (entre el día 30 y el 90) se produjo una pérdida en la altura lingual de 204 μm (IC 95%: 72- 330 μm). La media de la velocidad de disminución de la altura lingual total fue de 11,8 $\mu\text{m}/\text{día}$. Esto implica que a los **3 meses** post-extracción la reducción de la altura lingual en el punto mesial fue de 1,06 mm (IC 95%: 0,91- 1,21 mm).

En cuanto a la vertiente vestibular, la **velocidad de disminución de la altura** al día durante el primer periodo en el **punto mesial**, fue de 19,4 $\mu\text{m}/\text{día}$. Por tanto, la reducción media de la altura lingual durante el **primer mes** (primeros 30 días) fue de 0,58 mm (IC 95%: 0,4- 0,77 mm). La media de la velocidad de disminución de la altura vestibular durante el segundo periodo fue de 4 $\mu\text{m}/\text{día}$. Esto supone que **entre el primer y el tercer mes** post-extracción (entre el día 30 y el 90) se produjo una pérdida en la altura lingual de 240 μm (IC 95%: 108- 366 μm). La media de la velocidad de disminución de la altura vestibular total fue de 9,11 $\mu\text{m}/\text{día}$. Esto implica que a los **3 meses** post-extracción la reducción de la altura lingual en el punto mesial fue de 0,82 mm (IC 95%: 0,6- 1,04 mm).

Estos resultados son importante porque aunque se haya propuesto que los dientes adyacentes estabilizan la remodelación de los tejidos (13), si que se produce una pérdida en la dimensión vertical que puede provocar problemas de sensibilidad radicular así como dificultades estéticas.

En el modelo canino, Fickl y cols. (25) demostraron que había diferencias significativas en la reabsorción ósea entre las exodoncias realizadas con y sin colgajo. El grupo en el que la extracción se realizó sin levantamiento del colgajo tenía una menor

reabsorción. Sin embargo, en el presente estudio no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la disminución de la altura alveolar entre las **extracciones simples y las compleja**. En principio, la exodoncia complicada produciría mayor trauma que la simple debido al tiempo de manipulación, pero, como ya dijeron Araujo y Lindhe (26), se generará una mayor reabsorción si este trauma mecánico adicional se acompaña de una respuesta inflamatoria con un efecto lo suficientemente duradero. Si la respuesta inflamatoria provocada por una extracción compleja sólo dura hasta los primeros 7-10 días, no debería causar una mayor reabsorción a los 3 meses de la exodoncia.

Saldanha y cols. (27) encontraron una diferencia significativa en la reducción vertical de la cresta alveolar entre los pacientes **fumadores** y los no fumadores a los 6 meses de la extracción dental. En la presente Tesis Doctoral no se encontraron diferencias significativas en la disminución de la altura alveolar dependiendo de si el paciente fumaba o no, aunque sí que se observó dicha tendencia.

Se encontraron diferencias significativas en la disminución de la altura vestibular dependiendo del **estado periodontal**. En los pacientes sin patología periodontal la pérdida de altura vestibular fue menor que en los que tenían gingivitis o periodontitis. Esta circunstancia parece estar relacionada con la situación inflamatoria que genera la enfermedad periodontal, que provoca la pérdida del soporte dental. A diferencia de las extracciones complejas, donde la situación inflamatoria está limitada, en la enfermedad periodontal la inflamación es continua y duradera, lo que generará una mayor pérdida vertical. Por tanto, la enfermedad periodontal estaría relacionada con una mayor remodelación vertical y horizontal, que generará una mayor disminución en la altura y en la anchura del reborde edéntulo.

Finalmente, Moya-Villaescusa y Sánchez-Pérez (28) no encontraron diferencias significativas en la pérdida vertical entre los dientes uni y multirradiculares. En cambio, en este estudio se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre la disminución de la altura lingual de los **dientes anteriores** y la de los premolares y molares. En este caso hubo una mayor disminución de la altura lingual en los dientes anteriores. Estos resultados concuerdan con los mostrados por Carlsson y Persson (29), que propusieron que la reabsorción vertical del reborde alveolar era mayor en la zona anterior. Por tanto, los dientes anteriores se relacionaron en este estudio con una mayor pérdida vertical y con una

mayor remodelación horizontal, encontrándose una mayor pérdida de altura y de anchura. Estas características y su gran componente en la estética bucal explican la dificultad de la rehabilitación protésica en el sector anterior.

2. 5. Superposiciones del alveolo post-extracción

La superposición de las imágenes tridimensionales obtenidas con el CLSM permitió conocer el patrón de remodelación del alveolo post-extracción. El patrón más frecuente fue aquel en el que tanto la anchura como la altura se reducían con el paso del tiempo. Este patrón se explica debido a la atrofia del periodonto después de la extracción dental por la pérdida de su función (9). La mayor remodelación ocurre en la dimensión horizontal y se produce principalmente en la vertiente vestibular del reborde alveolar. Se ha sugerido que esta mayor remodelación en la cara vestibular se deba a la mayor proporción de hueso fasciculado a este nivel que pierde su función. Por tanto, el proceso de remodelación genera un reborde alveolar más estrecho y de menor altura (30), quedando de esta forma en una posición más palatina o lingual (31).

Además, el proceso de remodelación parece estar limitado al tercio marginal del alveolo post-extracción (26), por lo que la remodelación a nivel horizontal se reduce a medida que la distancia al borde del alveolo aumenta (12).

La curación del alveolo post-extracción culmina con la formación de tejido óseo y tejido blando recubriendo a éste. Parece que este tejido blando que recubre al alveolo va aumentando de espesor a medida que pasa el tiempo (23).

En la Figura V.4 se observa un ejemplo del patrón de remodelación más frecuente, correspondiente a los perfiles post-extracción de un primer molar superior derecho (1.6). La mayor remodelación se produce en la dimensión horizontal, en la cara vestibular, desplazando al reborde residual a una posición más palatina. Se observa como la remodelación es menor a medida que nos alejamos de la zona marginal. Además, el reborde vestibular se localiza más apical que el palatino. En el centro del alveolo hay una ganancia de tejido debido al relleno tanto de tejido óseo como al recubrimiento por tejido blando. En perfil post-extracción al mes en el centro del alveolo se encuentra más apical que el de los 3 meses, lo que podría explicarse debido al aumento del espesor del tejido blando.

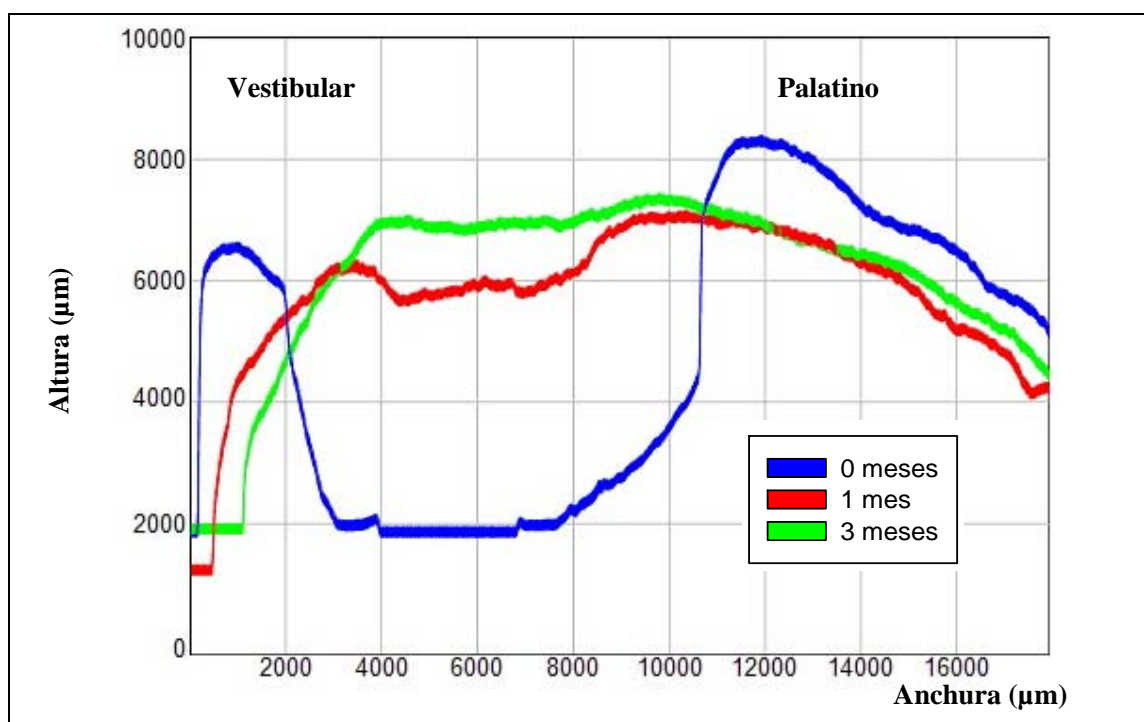


Figura V.4: Perfiles del alveolo post-extracción en el momento inicial (línea azul), al mes (línea roja) y a los 3 meses de la exodoncia (línea verde), obtenidos en el punto central de la zona edéntula de un primer molar superior derecho (1.6).

En una minoría de casos se encontraron patrones diferentes al explicado anteriormente. Esta diferencia en los patrones podría deberse a una inflamación de los tejidos blandos en el momento de la toma de las impresiones, que provocaría que los perfiles se invirtieran.

En el centro del alveolo el patrón de remodelación 3, 1, 0 (relleno del centro del alveolo a medida que pasa el tiempo) se produjo principalmente en las extracciones simples. En las extracciones complejas se hallaron, además del patrón 3, 1, 0, otros patrones de remodelación diferentes. Nuevamente, estos patrones diferentes pueden deberse a una inflamación de los tejidos blandos asociada a este tipo de exodoncias.

En el punto mesial del alveolo también se produce una disminución de la anchura y de la altura, lingual y vestibular. Clínicamente es importante esta pérdida de altura, ya que puede repercutir en el diente mesial al espacio de edéntulo, principalmente con problemas de sensibilidad y estética.

3. ESTUDIO DE LOS CAMBIOS EN LOS TEJIDOS ADYACENTES AL 2º MOLAR INFERIOR DESPUÉS DE LA EXTRACCIÓN DEL 3º MOLAR

3. 1. Descripción de la muestra

La muestra del estudio estuvo compuesta por 23 participantes, que acudieron a la revisión del primer mes post-extracción. De estos, 20 volvieron a los 3 meses después de la exodoncia. Estos abandonos no se debieron a enfermedad grave o fallecimiento, sino a que los participantes no quisieron volver a que se les realizara la revisión. De la misma forma que en apartado del alveolo post-extracción, la causa puede deberse a que la mayoría de los participantes en el estudio eran individuos sanos, que al no presentar ninguna sintomatología después de la extracción, no consideraron necesaria la revisión.

A pesar del abandono de esos 3 pacientes, la edad media de los individuos continuó siendo similar.

La media de los días transcurridos hasta la medición del primer mes post-extracción fue de 30,8 días y al tercer mes, de 95,7 días. Para minimizar las variaciones que surgieran debido a las diferencias en el tiempo, las medidas obtenidas en cada participante al mes y a los tres meses se dividieron entre los días transcurridos hasta dichas revisiones. De esta forma se obtuvieron velocidades de cambios morfológicos al día, que resultarán más precisas.

La mayoría de los participantes eran individuos sanos que no tomaban medicación y no fumadores.

Al analizar la distribución por sexo de los participantes en el estudio, se observó un mayor porcentaje de mujeres.

La distribución del resto de las variables del estudio se mantuvo estable en la revisión de los 3 meses pese a los participantes que no acudieron.

3. 2. Cambios post-extracción en el 2º molar mediante CLSM.

La extracción de un tercer molar es una de los procedimientos más habituales en Odontología. La exodoncia del cordal genera cambios en los tejidos adyacentes al 2º molar situado mesial al lugar de la extracción.

En el presente estudio se encontró que los cambios más acusados se daban en el punto más cercano al lugar de extracción, el punto D.

Se observó una tendencia a que se produjera una mayor **pérdida en la dimensión vertical** a medida que se tomaban las medidas en los lugares más cercanos a la extracción del cordal. De esta forma, en la **vertiente vestibular**, la pérdida vertical fue mayor en el punto DV que en el V, y en el V mayor que en el MV ($D > DV > V > MV > M_v$). De la misma forma, en la **vertiente lingual** la pérdida vertical fue mayor en los puntos localizados más próximos al lugar de la extracción ($D > DL > L > ML > M_l$).

Esta tendencia se observó tanto al mes como a los 3 meses en la vertiente vestibular, mientras que en la lingual sólo se dio al mes de la extracción.

Además, se produjo una mayor pérdida vertical en los puntos localizados en la vertiente vestibular que en los de la lingual. Por ello, se encontraron cambios significativos en la vertiente vestibular, pero no en la lingual.

En los puntos de medida más distales (D, DV y DL), se encontró mayor pérdida vertical al mes que a los 3 meses, posiblemente porque a medida que pasa el tiempo los tejidos van recuperando los cambios sufridos.

No se encontraron diferencias significativas entre los cambios al mes y a los 3 meses salvo en el punto D, siendo la pérdida vertical mayor al mes que a los tres meses. A los tres meses se había producido una ganancia media vertical de 806,7 μm (IC 95%: 391,6- 1221,9 μm) comparado con los resultados al mes de la extracción.

Coincidiendo con estos datos, existen varios estudios que no encontraron cambios en la pérdida de inserción en el punto distal del 2º molar después de la exodoncia del cordal, siendo el tiempo de reevaluación mayor de 3 meses (32-35). Otros estudios (36, 37) incluso encontraron una ganancia en la dimensión vertical, aunque en ellos se estudiaron dientes impactados contra el 2º molar, por lo que la exodoncia del cordal resultó beneficioso para los tejidos adyacentes.

Aunque en el presente estudio las medidas fueron tomadas al mes y a los 3 meses de la extracción, para minimizar las variaciones que se pudieran producir debido a que las medidas no fueron tomadas en todos los pacientes al día 30 y al 90, se decidió estudiar la velocidad de pérdida vertical al día.

La media de la **velocidad de pérdida vertical** durante el primer periodo en el punto D fue de 78 $\mu\text{m}/\text{día}$. Con este dato se puede obtener que la reducción media de la altura durante el **primer mes** (primeros 30 días) fue de 2,34 mm (IC 95%: 1,63- 3,05 mm). La media de la velocidad de pérdida vertical durante el segundo periodo en el punto D fue de -12,4 $\mu\text{m}/\text{día}$. Esto implica que **entre el primer y el tercer mes** post-extracción (entre el día 30 y el 90) se produjo una ganancia en la altura de 0,74 mm (IC 95%: -1,14 a -0,34 mm). La media de la velocidad de pérdida vertical total en el punto D fue de 14,3 $\mu\text{m}/\text{día}$. Esto conlleva que a los **3 meses** post-extracción la reducción de la altura fue de 1,29 mm (IC 95%: 0,71- 1,87 mm).

Estos resultados muestran que se produjo una gran pérdida en la altura de los tejidos en el punto D durante en primer mes post-extracción del cordal, mientras que en los dos meses siguientes los tejidos fueron recuperando los cambios sufridos debido al trauma generado por la exodoncia.

La Figura V.5 muestra los cambios en la dimensión vertical en el punto D en el tiempo dependiendo de la velocidad de pérdida vertical en el primer y el segundo periodo. Se observa una pérdida vertical en el primer periodo, mientras que en el segundo hay una recuperación de los tejidos en el punto D.

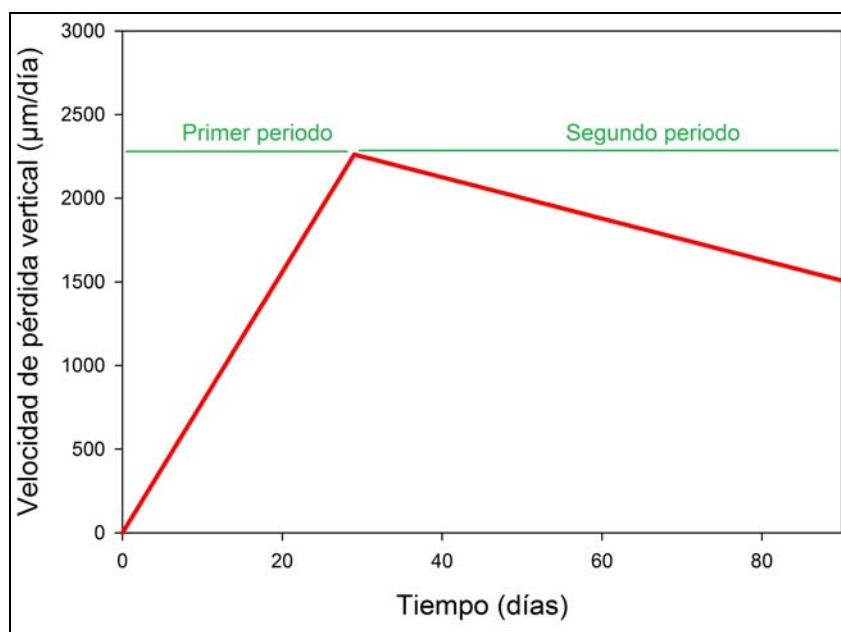


Figura V.5: Gráfico de los cambios en la dimensión vertical en el tiempo dependiendo de la velocidad de pérdida vertical en el primer y el segundo periodo.

Coincidiendo con estos datos, Krausz, Kugelberg y Quee (32-35) no encontraron pérdida de inserción en el punto distal al 2º molar con el paso del tiempo.

Por otra parte, la velocidad de pérdida vertical resultó mayor en el primer periodo y en los puntos de la vertiente vestibular, aumentando cuando la medida se toma más cerca del espacio de extracción, La Figura V.6 muestra gráficamente cómo la velocidad de pérdida vertical es mucho mayor en los puntos de medida más distales y en los puntos de la vertiente vestibular.

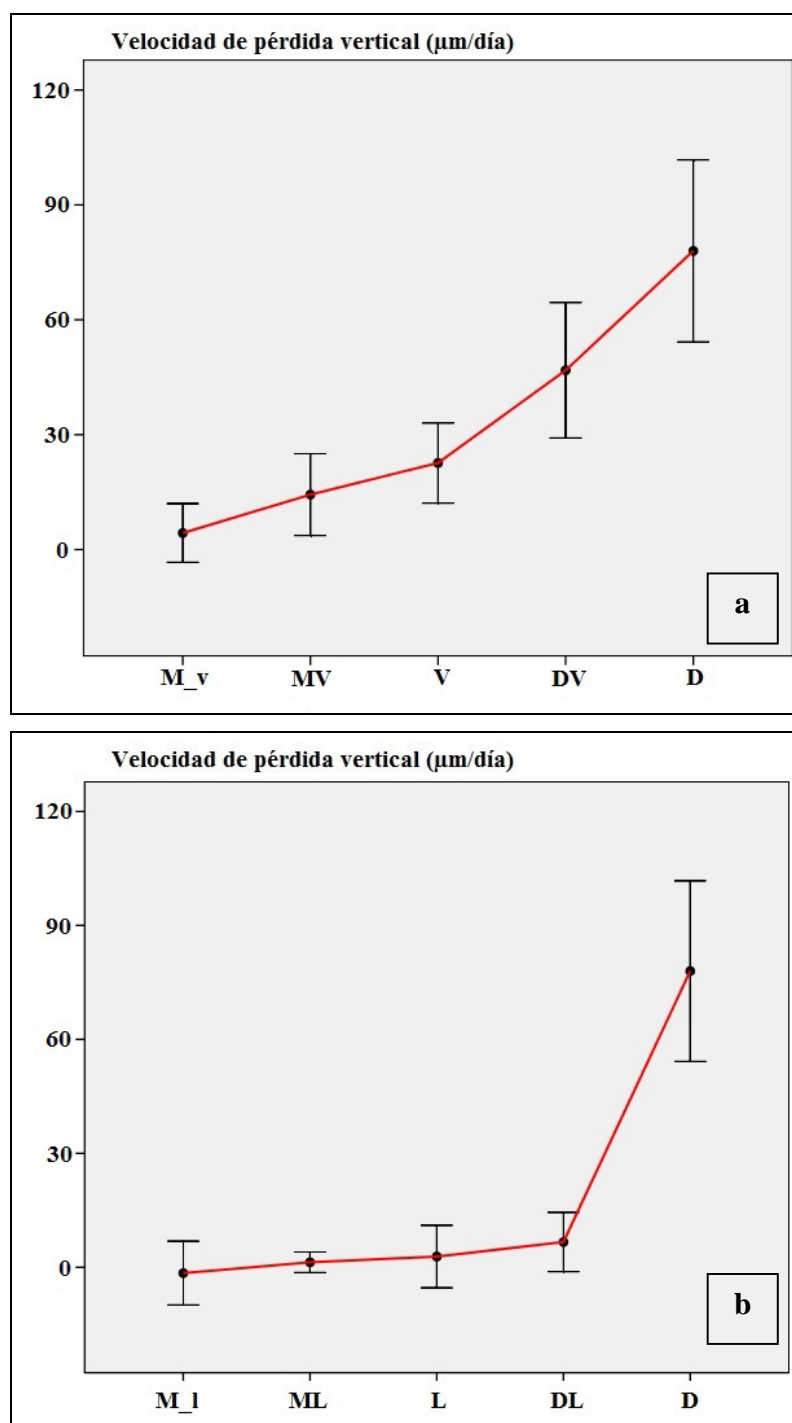


Figura V.6: Velocidad de pérdida vertical en el primer periodo en cada uno de los puntos de medida. Las barras muestran el intervalo de confianza al 95%. Se aprecia como la velocidad va aumentando a medida que los puntos se acercan al espacio de extracción. Además, se observa como la velocidad en los puntos de la vertiente vestibular (a) es mayor que la de los puntos de la vertiente lingual (b).

Las diferencias encontradas dependiendo de las distintas variables se produjeron en la velocidad de pérdida vertical en el primer periodo, por ser en este primer mes después de la exodoncia donde mayores cambios morfológicos se encontraron.

En cuanto a la comparación con las variables que caracterizaban el diente extraído, se encontró una pérdida vertical significativa en las extracciones de **cordales submucosos**, en las **clases II** de la relación del 3^{er} molar con respecto a la rama ascendente de la mandíbula y el segundo molar, y en el **tipo B** de profundidad relativa del tercer molar en el hueso. Estos dientes presentan mayor dificultad de extracción que los cordales erupcionados, las clases I y los tipo A. Esta mayor complejidad puede relacionarse con una mayor manipulación, durante la extracción, de los tejidos adyacentes al 2^o molar, especialmente en el punto D, pero también en el V y DV. Esta mayor manipulación de los tejidos podría provocar una mayor reacción inflamatoria, que generaría una mayor pérdida en la dimensión vertical.

Acerca de las variables que determinaban el tipo de extracción, se halló una pérdida vertical significativa en las extracciones donde se realizó un **colgajo** y en las que requirieron **ostectomía**, siendo la pérdida mayor en aquéllas que necesitaron mayor cantidad de ostectomía. Ligado a estos dos factores, las extracciones con mayor **tiempo de cirugía**, que se corresponden con una mayor complejidad, se relacionaron con mayor pérdida vertical. Esta mayor pérdida vertical puede deberse a que en las exodoncias complicadas se produzca un mayor trauma que genere una mayor respuesta inflamatoria sobre los tejidos adyacentes al 2^o molar, provocando mayores cambios dimensionales.

En la presente Tesis, la realización de **odontosección** no produjo cambios significativos en la velocidad de pérdida vertical. Estos resultados pueden deberse a que la odontosección por si sola no generaría ninguna deterioro de los tejidos adyacentes, e incluso puede disminuir el tiempo de manipulación de dichos tejidos.

En contraposición a estos resultados, Chang y cols. (38) encontraron una mayor pérdida de inserción al utilizar la técnica de división del diente frente a la alveolectomía distolingual. Esos resultados pueden deberse a que en ambas técnicas se realizó ostectomía. En la alveolectomía distolingual únicamente se eliminó el hueso de la porción distolingual del cordal, mientras que en la técnica de división de diente, antes de la odontosección se realizó la ostectomía del hueso vestibular, provocándose en este caso mayor inflamación

sobre los tejidos adyacentes al 2º molar. Las diferencias encontradas por estos autores parecen deberse a la localización de la ostectomía realizada, y no a la odontosección.

3. 3. Superposiciones de los tejidos adyacentes al 2º molar inferior

La superposición de las imágenes tridimensionales obtenidas mediante el CLSM permitió visualizar la influencia de la extracción del 3^{er} molar sobre los tejidos adyacentes al 2º molar.

El patrón más frecuentemente encontrado fue aquel en el que la pérdida vertical post-extracción fue más acusada al mes de la exodoncia, mientras que a los 3 meses los tejidos recobraron parte de su altura, aunque la pérdida vertical no llegó a restablecerse por completo.

Este patrón confirma los resultados encontrados en el presente estudio. Parece que los tejidos adyacentes al 2º molar, principalmente los más distales y de la vertiente vestibular sufren un trauma debido a la extracción del 3^{er} molar. Este trauma provocaría primeramente una pérdida vertical de los tejidos, pero éstos se recuperarían con el paso del tiempo, encontrándose una ganancia vertical al comparar los resultados al mes y a los 3 meses de la extracción.

En relación con el trauma generado por la extracción de los cordales, Peng y cols. (39) encontraron una mayor pérdida en el nivel de inserción en los sitios distales de los 2º molares adyacentes a una extracción de cordales al compararlo con la no extracción (por ejemplo, la agenesia de 3^{er} molar inferior).

En cambio, Krausz y cols. (32) no encontraron diferencias en el nivel de inserción al comparar la extracción de los cordales con la no extracción (no exodoncia de 3^{er} molar presente, no agenesia). Estos resultados pueden deberse a que pasado cierto tiempo desde la extracción (en el estudio de Krausz y cols. la revisión post-operatoria se realizó entre los 28 y 58 meses después de la exodoncia), los tejidos se habían recuperado del trauma sufrido por la misma.

Los resultados del presente estudio también muestran la recuperación de los tejidos, ya que en el patrón comentado anteriormente se encontró una ganancia vertical a los tres meses de la exodoncia, comparado con el mes después de la extracción.

En la Figura V.7 se observa un ejemplo del patrón de remodelación más frecuente, después de la exodoncia del 3^{er} molar inferior derecho (4.8). La mayor pérdida vertical se encontró al mes de la extracción del 3^{er} molar en el punto D. En el punto V también se aprecia la pérdida vertical al mes de la exodoncia. A los 3 meses se observa una recuperación en la dimensión vertical de los tejidos, pero sin llegar a encontrarse como en el momento de la extracción (0 meses).

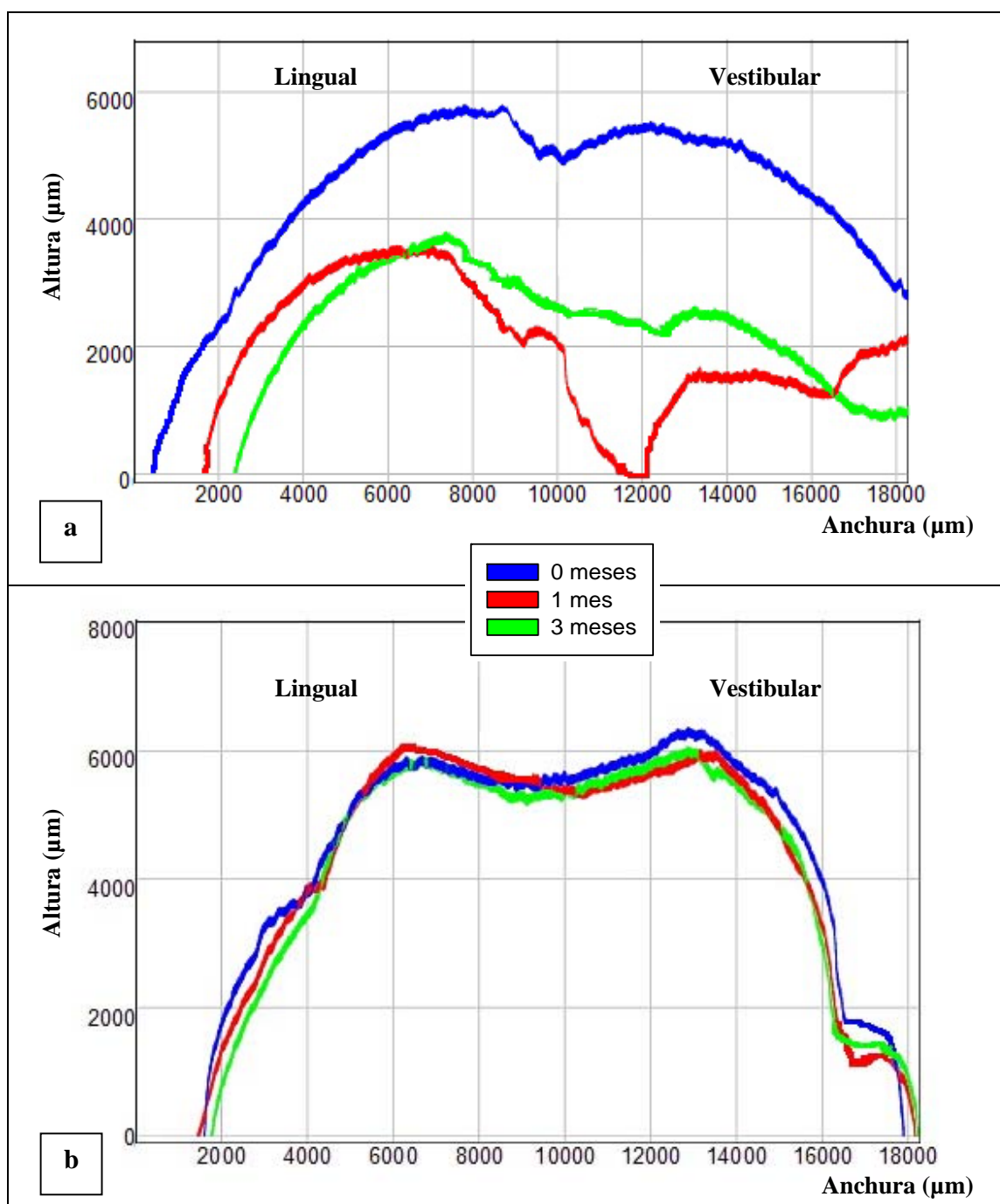


Figura V.7: Perfiles de los tejidos adyacentes al 2^o molar después de la extracción del 3^{er} molar inferior derecho (4.8), en la sección que pasa por el punto D (a) y en la sección que pasa por los puntos V-L (b) en el momento inicial (línea azul), al mes (línea roja) y a los 3 meses de la exodoncia (línea verde).

4. BIBLIOGRAFÍA

- (1) Pereira JR, Murata KY, Valle AL, Ghizoni JS, Shiratori FK. Linear dimensional changes in plaster die models using different elastomeric materials. *Braz Oral Res.* 2010; 24(3): 336-41.
- (2) Aguilar ML, Elias A, Vizcarrondo CE, Psoter WJ. Analysis of three-dimensional distortion of two impression materials in the transfer of dental implants. *J Prosthet Dent.* 2010; 103(4): 202-9.
- (3) Faria AC, Rodrigues RC, Macedo AP, Mattos MG, Ribeiro RF. Accuracy of stone casts obtained by different impression materials. *Braz Oral Res.* 2008; 22(4): 293-8.
- (4) Chen SY, Liang WM, Chen FN. Factors affecting the accuracy of elastometric impression materials. *J Dent.* 2004; 32(8): 603-9.
- (5) Thongthammachat S, Moore BK, Barco MT, Hovijitra S, Brown DT, Andres CJ. Dimensional accuracy of dental casts: influence of tray material, impression material, and time. *J Prosthodont.* 2002; 11(2): 98-108.
- (6) García-Herraiz A, Leiva-García R, Canigral-Ortiz A, Silvestre FJ, García-Antón J. Confocal laser scanning microscopy for the study of the morphological changes of the postextraction sites. *Microsc Res Tech.* 2012; 75(4): 513-9.
- (7) Hung SH, Purk JH, Tira DE, Eick JD. Accuracy of one-step versus two-step putty wash addition silicone impression technique. *J Prosthet Dent.* 1992; 67(5): 583-9.
- (8) Shillingburg HT, Hobo S, Whitsett LD, Jacobi R, Brackett SE. *Fundamentos esenciales en prótesis fija.* 3ª ed. Barcelona: Quintessence; 2002.
- (9) Van der Weijden F, Dell'Acqua F, Slot DE. Alveolar bone dimensional changes of post-extraction sockets in humans: a systematic review. *J Clin Periodontol.* 2009; 36(12): 1048-58.
- (10) Schropp L, Wenzel A, Kostopoulos L, Karring T. Bone healing and soft tissue contour changes following single-tooth extraction: a clinical and radiographic 12-month prospective study. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2003; 23(4): 313-23.
- (11) Araujo MG, Lindhe J. Dimensional ridge alterations following tooth extraction. An experimental study in the dog. *J Clin Periodontol.* 2005; 32(2): 212-8.

- (12) Kerr EN, Mealey BL, Noujeim ME, Lasho DJ, Nummikoski PV, Mellonig JT. The effect of ultrasound on bone dimensional changes following extraction: a pilot study. *J Periodontol.* 2008; 79(2): 283-90.
- (13) Tan WL, Wong TL, Wong MC, Lang NP. A systematic review of post-extraction alveolar hard and soft tissue dimensional changes in humans. *Clin Oral Implants Res.* 2012; 23 Suppl 5: 1-21.
- (14) Thalmair T, Fickl S, Schneider D, Hinze M, Wachtel H. Dimensional alterations of extraction sites after different alveolar ridge preservation techniques - a volumetric study. *J Clin Periodontol.* 2013; 40(7): 721-7.
- (15) Pietrokovski J, Massler M. Alveolar ridge resorption following tooth extraction. *J Prosthet Dent.* 1967; 17(1): 21-7.
- (16) Lindhe J, Karring T, Araujo M. Anatomía del periodonto. En: Lindhe J, Karring T, Lang NP, editores. *Periodontología clínica e implantología odontológica.* 4ª ed. Buenos Aires: Médica Panamericana; 2005. p. 3-50.
- (17) Levin L, Kessler-Baruch O. Cigarette smoking and the alveolar bone around teeth and dental implants. *N Y State Dent J.* 2013; 79(5): 53-9.
- (18) Patel RA, Wilson RF, Palmer RM. The effect of smoking on periodontal bone regeneration: a systematic review and meta-analysis. *J Periodontol.* 2012; 83(2): 143-55.
- (19) Albandar JM, Streckfus CF, Adesanya MR, Winn DM. Cigar, pipe, and cigarette smoking as risk factors for periodontal disease and tooth loss. *J Periodontol.* 2000; 71(12): 1874-81.
- (20) Krall EA, Garvey AJ, Garcia RI. Alveolar bone loss and tooth loss in male cigar and pipe smokers. *J Am Dent Assoc.* 1999; 130(1): 57-64.
- (21) Meechan JG, Macgregor ID, Rogers SN, Hobson RS, Bate JP, Dennison M. The effect of smoking on immediate post-extraction socket filling with blood and on the incidence of painful socket. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 1988; 26(5): 402-9.
- (22) Fu JH, Bashutski JD, Al-Hezaimi K, Wang HL. Statins, glucocorticoids, and nonsteroidal anti-inflammatory drugs: their influence on implant healing. *Implant Dent.* 2012; 21(5): 362-7.

- (23) Iasella JM, Greenwell H, Miller RL, Hill M, Drisko C, Bohra AA et al. Ridge preservation with freeze-dried bone allograft and a collagen membrane compared to extraction alone for implant site development: a clinical and histologic study in humans. *J Periodontol.* 2003; 74(7): 990-9.
- (24) Aimetti M, Romano F, Griga FB, Godio L. Clinical and histologic healing of human extraction sockets filled with calcium sulfate. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2009; 24(5): 902-9.
- (25) Fickl S, Zuhr O, Wachtel H, Bolz W, Huerzeler M. Tissue alterations after tooth extraction with and without surgical trauma: a volumetric study in the beagle dog. *J Clin Periodontol.* 2008; 35(4): 356-63.
- (26) Araujo MG, Lindhe J. Ridge alterations following tooth extraction with and without flap elevation: an experimental study in the dog. *Clin Oral Implants Res.* 2009; 20(6): 545-9.
- (27) Saldanha JB, Casati MZ, Neto FH, Sallum EA, Nociti FH, Jr. Smoking may affect the alveolar process dimensions and radiographic bone density in maxillary extraction sites: a prospective study in humans. *J Oral Maxillofac Surg.* 2006; 64(9): 1359-65.
- (28) Moya-Villaescusa MJ, Sanchez-Perez A. Measurement of ridge alterations following tooth removal: a radiographic study in humans. *Clin Oral Implants Res.* 2010; 21(2): 237-42.
- (29) Carlsson GE, Persson G. Morphologic changes of the mandible after extraction and wearing of dentures. A longitudinal, clinical, and x-ray cephalometric study covering 5 years. *Odontol Revy.* 1967; 18(1): 27-54.
- (30) Pinho MN, Roriz VL, Novaes AB Jr, Taba M Jr, Grisi MF, de Souza SL et al. Titanium membranes in prevention of alveolar collapse after tooth extraction. *Implant Dent.* 2006; 15(1): 53-61.
- (31) Botticelli D, Berglundh T, Lindhe J. Hard-tissue alterations following immediate implant placement in extraction sites. *J Clin Periodontol.* 2004; 31(10): 820-8.
- (32) Krausz AA, Machtei EE, Peled M. Effects of lower third molar extraction on attachment level and alveolar bone height of the adjacent second molar. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2005; 34(7): 756-60.

- (33) Kugelberg CF. Periodontal healing two and four years after impacted lower third molar surgery. A comparative retrospective study. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 1990; 19(6): 341-5.
- (34) Quee TA, Gosselin D, Millar EP, Stamm JW. Surgical removal of the fully impacted mandibular third molar. The influence of flap design and alveolar bone height on the periodontal status of the second molar. *J Periodontol.* 1985; 56(10): 625-30.
- (35) Stephens RJ, App GR, Foreman DW. Periodontal evaluation of two mucoperiosteal flaps used in removing impacted mandibular third molars. *J Oral Maxillofac Surg.* 1983; 41(11): 719-24.
- (36) Groves BJ, Moore JR. The periodontal implications of flap design in lower third molar extractions. *Dent Pract Dent Rec.* 1970; 20(9): 297-304.
- (37) Grondahl HG, Lekholm U. Influence of mandibular third molars on related supporting tissues. *Int J Oral Surg.* 1973; 2(4): 137-42.
- (38) Chang HH, Lee JJ, Kok SH, Yang PJ. Periodontal healing after mandibular third molar surgery: a comparison of distolingual alveolectomy and tooth division techniques. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2004; 33(1): 32-7.
- (39) Peng KY, Tseng YC, Shen EC, Chiu SC, Fu E, Huang YW. Mandibular second molar periodontal status after third molar extraction. *J Periodontol.* 2001; 72(12): 1647-51.

VI. CONCLUSIONES

VI. CONCLUSIONES

1. FIABILIDAD DE LA TÉCNICA

1. Las impresiones con silicona de adición y su posterior vaciado con escayola reproduce con minuciosidad la morfología de las muestras originales.
2. Esta técnica es capaz de transferir la morfología del área edéntula a un soporte que pueda ser estudiado mediante la CLSM, sin que se produzcan variaciones volumétricas.
3. La toma de impresiones de silicona de adición y su posterior vaciado con escayola es una técnica precisa y estable para valorar los cambios en el alveolo post-extracción.

2. ESTUDIO DEL ALVEOLO POST-EXTRACCIÓN

2. 1. Distancia mesio-distal

4. Se produjo una reducción franca del espacio edéntulo tanto al mes como a los 3 meses de la extracción.
5. La velocidad de movimiento mesio-distal fue mayor durante el primer mes, disminuyendo en los dos meses siguientes.
6. La reducción de la distancia mesio-distal fue menor tras las extracciones de los restos radiculares.
7. El movimiento mesio-distal fue mayor cuando se realizó la exodoncia de molares y cuando el diente distal al extraído no tenía antagonista.
8. Se ha obtenido un modelo de regresión para la velocidad de movimiento mesio-distal total en el punto central, siendo las variables influyentes el sexo, la edad, el tipo de pieza dental, el tipo de diente, la localización de la extracción, la existencia de antagonista, el tipo de extracción y el tabaco.

2. 2. Anchura vestibulo-lingual

9. La mayor remodelación se produjo en la dimensión horizontal, causando un estrechamiento en el reborde alveolar.
10. La disminución de la anchura vestibulo-lingual fue mayor en el punto central del alveolo post-extracción.
11. La velocidad de remodelación vestibulo-lingual fue mayor durante el primer mes, disminuyendo en los dos meses siguientes.
12. La velocidad de remodelación fue mayor en las extracciones dentales donde había una infección previa durante el primer periodo, pero no durante el segundo periodo.
13. Se encontró una menor remodelación en los pacientes de mayor edad y en aquellos que tomaban estatinas.
14. Se ha obtenido un modelo de regresión para la velocidad de remodelación vestibulo-lingual total en el punto central, siendo las variables determinantes el sexo, la edad, el estado periodontal, el tipo de pieza dental, el tipo de diente, la localización de la extracción y el tabaco.

2. 3. Altura alveolar

15. El reborde vestibular se encontró más apical que el lingual en el momento inicial, al mes y a los tres meses de la extracción.
16. La velocidad de reducción de la altura vestibular y lingual fue mayor durante el primer mes, disminuyendo en los dos meses siguientes.
17. La pérdida de altura vestibular fue menor en los pacientes sin patología periodontal que en los que tenían gingivitis o periodontitis.
18. La pérdida de altura lingual fue mayor en los dientes anteriores que en los premolares y molares.

2. 4. Superposiciones del alveolo post-extracción

19. La mayor remodelación se produjo en la dimensión horizontal, disminuyendo la altura vestibulo-lingual, en la cara vestibular, quedando el reborde residual en una posición más palatina.
20. El proceso de remodelación fue mayor en el tercio marginal del alveolo post-extracción, y disminuyendo a medida que nos alejamos de esta zona.
21. El reborde vestibular se localizó más apical que el palatino.
22. En el centro del alveolo se encontró una ganancia de tejido debido al relleno tanto de tejido óseo como al recubrimiento por tejido blando.

3. ESTUDIO DE LOS CAMBIOS EN LOS TEJIDOS ADYACENTES AL 2º MOLAR INFERIOR DESPUÉS DE LA EXTRACCIÓN DEL 3º MOLAR

3. 1. Cambios post-extracción en el 2º molar mediante CLSM.

23. Los cambios más acusados en los tejidos adyacentes al 2º molar inferior se produjeron en el punto más cercano al lugar de extracción, el punto D.
24. La pérdida vertical fue mayor en la vertiente vestibular y al mes de la exodoncia del cordal, encontrándose una recuperación de los tejidos con el paso del tiempo.
25. En cuanto a las características del diente extraído, la pérdida vertical fue mayor en las extracciones de cordales submucosos, en las clases II de la relación del 3º molar con respecto a la rama ascendente de la mandíbula y el segundo molar, y en el tipo B de profundidad relativa del tercer molar en el hueso.
26. En cuanto al tipo de extracción, se halló una mayor pérdida vertical en las extracciones donde se realizó un colgajo, en las que necesitaron ostectomía, y en las que requirieron un mayor tiempo de cirugía.

3. 2. Superposiciones de los tejidos adyacentes al 2º molar inferior

27. La mayor pérdida vertical se encontró al mes de la exodoncia del 3^{er} molar.
28. A los 3 meses de la extracción, los tejidos adyacentes al 2º molar recobraron parte de su altura, produciéndose una ganancia vertical, aunque la pérdida no llegó a restablecerse por completo.

VII. ANEXOS

ANEXO I: Hoja de recogida de datos en el estudio del alveolo post-extracción

NOMBRE:

CÓDIGO DEL PACIENTE:

APELLIDOS:

FECHA DE NACIMIENTO Y EDAD:

TELÉFONO:

HISTORIA MÉDICA:

- Enfermedades:

- Medicación:

- Hábitos

HISTORIA CLÍNICA ORAL:

- Índice de placa global:

	1.6	2.1	2.4
V			
L			
	4.4	4.1	3.6
V			
L			

X: No codificable.

0: No placa.

1: Placa no visible pero que se adhiere a la sonda.

2: Placa moderada visible.

3: Placa abundante que cubre también los espacios interproximales.

ANEXO II: Hoja de recogida de datos en el estudio de los cambios en los tejidos adyacentes al 2º molar inferior después de la extracción del 3º molar

NOMBRE:

CÓDIGO DEL PACIENTE:

APELLIDOS:

FECHA DE NACIMIENTO Y EDAD:

TELÉFONO:

HISTORIA MÉDICA:

- Enfermedades:
- Medicación:
- Hábitos

HISTORIA CLÍNICA ORAL:

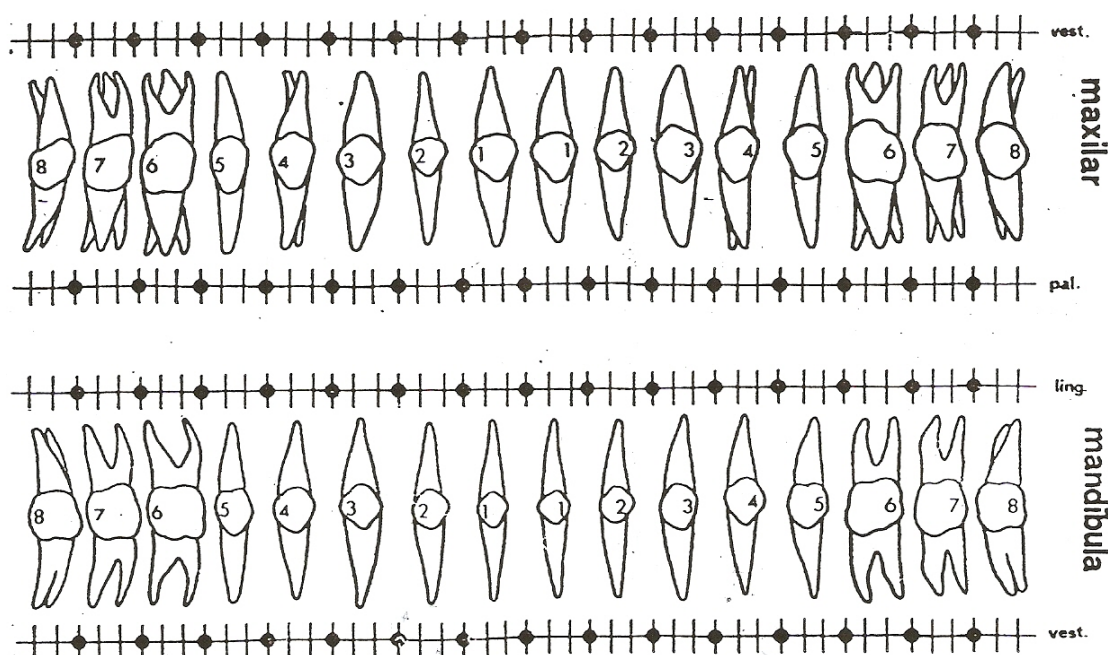
- Índice de placa global:

- Índice de placa en distal del 2º molar:

	1.6	2.1	2.4
V			
L			
	4.4	4.1	3.6
V			
L			

X: No codificable.
 0: No placa.
 1: Placa no visible pero que se adhiere a la sonda.
 2: Placa moderada visible.
 3: Placa abundante que cubre también los espacios interproximales.

V	L	D



ANEXO III: Consentimiento informado

Título del estudio:

“Evolución de la morfología dimensional del alveolo post-extracción mediante la técnica de la Microscopía Láser Confocal”

D. /Dña.,.....

(Nombre y apellidos del paciente), declara que:

- He recibido la hoja de información que se me ha entregado.
- He podido hacer preguntas sobre el estudio.
- He recibido respuestas satisfactorias a mis preguntas.
- He recibido suficiente información sobre el estudio.
- Comprendo que la participación es voluntaria.
- Comprendo que puedo retirarme del estudio:
 1. Cuando quiera.
 2. Sin tener que dar explicaciones.
 3. Sin que esto repercuta en mis cuidados médicos.

De igual modo, declaro haber sido informado de las medidas que serán adoptadas, para garantizar la confidencialidad y disociación de cuanta información sobre mi persona pudiera recogerse durante el desarrollo del estudio, así como de la posibilidad de ejercitar mis derechos de acceso, rectificación, cancelación y oposición a través de una petición formal realizada ante el responsable del estudio.

Presto libremente mi conformidad para participar en el estudio.

(Firma del participante)

(Fecha) ___/___/___

(Firma del investigador)

(Fecha) ___/___/___

ANEXO IV: Hoja informativa para los sujetos participantes en el estudio

Introducción

La siguiente información describe el proyecto de investigación “**Evolución de la morfología dimensional del alveolo post-extracción mediante la técnica de la Microscopía Láser Confocal**”, y su papel como participante en el mismo.

Por favor, lea atentamente esta hoja y no dude en preguntar al investigador sobre cualquier duda que pueda tener acerca de la información que le presentamos a continuación.

¿Cómo surge este proyecto?

Se ha descrito que tras una extracción dental el hueso comienza a reabsorberse, especialmente durante los primeros 3 meses. Sin embargo, no se ha cuantificado la cantidad de esta reabsorción en función de la zona del maxilar, el grosor de la cortical ósea remanente, la presencia de infección dental o la realización de una extracción traumática.

La reabsorción del proceso alveolar puede comprometer tanto la funcionalidad de los implantes dentales como la estética de cualquier restauración protésica. Por ello, el conocimiento del proceso de remodelación del alveolo post-extracción que genera los cambios en el perfil clínico del alveolo resulta fundamental para la planificación del tratamiento odontológico.

¿Cuál es su objetivo?

El estudio que aquí se plantea tratará de conocer con mayor exactitud los patrones de reabsorción ósea tras una extracción dental, lo que resulta esencial para la planificación del tratamiento más adecuado a la hora de reponer un diente perdido.

¿Cómo se va a desarrollar el estudio?

Todos los pacientes seguirán la práctica clínica habitual del servicio.

En la visita inicial del paciente se realizará la correspondiente historia médica, la historia clínica oral (caries, bolsas periodontales y sangrado gingival) y del diente o dientes que serán extraídos (causa de extracción del diente, si existe infección periodontal o periapical, características del antagonista y si lleva una prótesis parcial removible sobre la zona de extracción). Además, se le pedirá al paciente una Ortopantomografía.

El día de la extracción se procederá con la pauta comúnmente establecida, se anotarán las características de la extracción, se tomará una impresión de silicona para obtener un modelo de

escayola.

Al mes y a los 3 meses de la extracción, se tomarán unas nuevas impresiones de silicona de la zona post-extracción para evaluar los cambios en el perfil clínico del alveolo.

Los modelos de escayola serán evaluados con la técnica de la Microscopía Láser Confocal de Barrido para analizar los cambios en la distancia mesio-distal, la anchura vestíbulo-lingual y la altura alveolar. En el caso de la extracción de cordales, se evaluará la influencia de la extracción sobre los tejidos adyacentes al 2º molar.

Se estructurará un procedimiento que garantice el completo anonimato de los pacientes.

Participación voluntaria

Su participación en este estudio es voluntaria. Usted puede rehusar participar en el mismo o retirarse de él en cualquier momento sin estar obligado/a a justificar ni explicar su decisión. Ni rechazar ni aceptar participar en este estudio influirá de manera alguna en la atención médica que recibe habitualmente.

Confidencialidad

Sus datos personales y de contacto, permanecerán anónimos y serán confidenciales, por lo que todo material escrito, impreso y electrónica será codificado y sólo conocido por el grupo de investigadores, según lo previsto en la Ley Orgánica 15/1999 de 13 de diciembre, de “Protección de Datos de Carácter Personal”.

¿A quién contactar en caso de necesitar más información?

El equipo investigador responsable de llevar adelante este proyecto podrá responderle todas sus preguntas sobre su papel como participante en el proyecto y sobre otros aspectos relacionados con el mismo. Si le surge cualquier duda o información adicional que pueda requerir, por favor póngase en contacto con:

NOMBRE: Ariadna García Herraiz

TELEFONO: 646 60 77 24

CORREO ELECTRÓNICO: a_garcia@hotmail.es

Muchas gracias por su tiempo y colaboración.

ANEXO V: Aprobación por el Comité de Ética de Investigación Clínica del Hospital Universitario Dr. Peset de Valencia

 GENERALITAT VALENCIANA
CONSELLERIA DE SANITAT

 AGÈNCIA VALENCIANA DE SALUT
Departament de Salut València - Doctor Peset

A/A.: Ariadna García Herraiz
Servicio de Odontología

Vicent Valentin Segura, Presidente del Comité Ético de Investigación Clínica del Hospital Universitario Dr. Peset.

CERTIFICA:

Que este comité en su reunión celebrada el día 23 de Febrero de 2011 ha evaluado y **ha aprobado** el estudio titulado: .- Evolución de la morfología dimensional del alveolo post-extracción mediante la técnica de microscopía láser confocal
Proyecto de investigación. Tesis Doctoral
Código Ceic: 30/11

Valencia 4 de Abril de 2011


Fdo.: Vicent Valentin Segura
Presidente CEIC Hospital Universitario Dr. Peset

CS 5/1

Gaspar Aguilar, 90 - 46017 Valencia - Tel.:96 162 23 00 - Fax 96 162 25 01

ANEXO VI: Fotografías, imágenes de la CLSM y superposiciones de los casos incluidos en el estudio

Para la realización de este trabajo, las fotografías de los casos, las imágenes de las áreas post-extracción obtenidas mediante la CLSM y las superposiciones, así como las medidas morfológicas se han tratado como el caso 1, mostrado a continuación.

Caso: 1

FOTOS

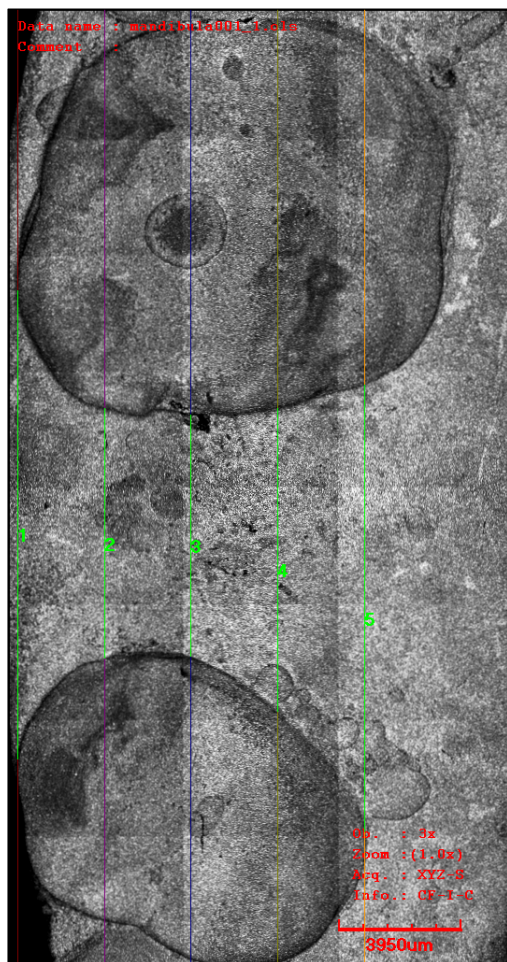


0 meses

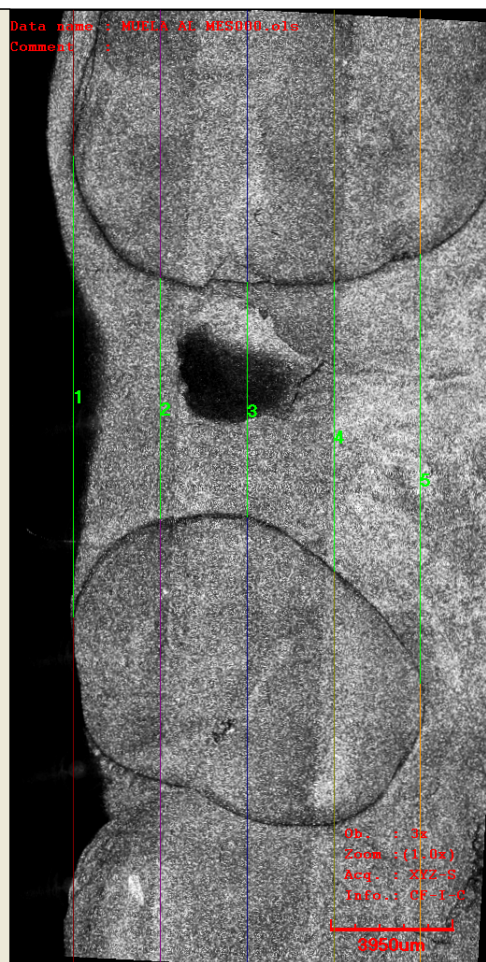
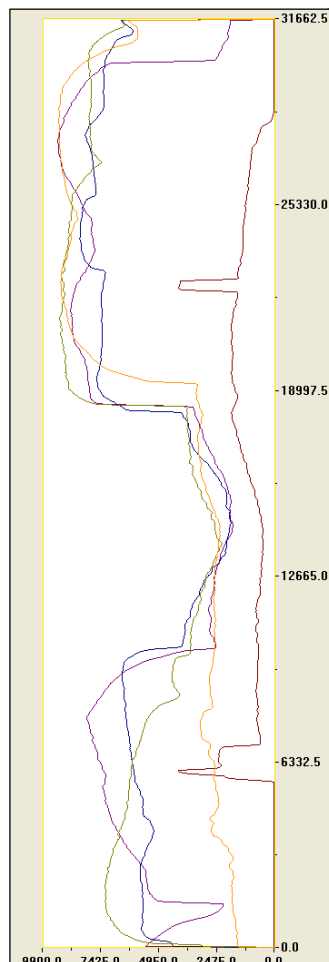
1 mes

3 meses

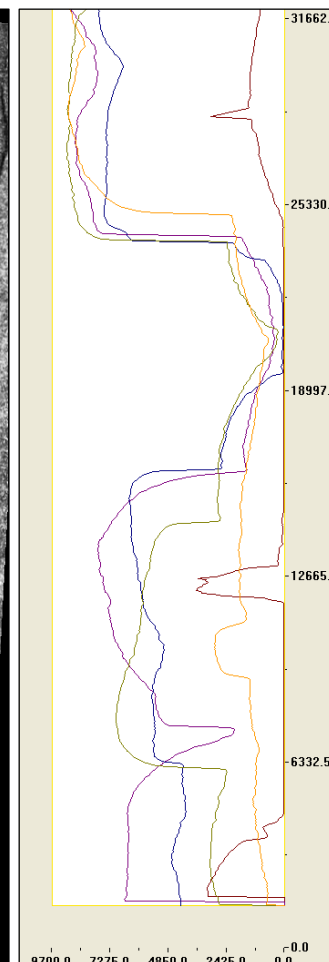
DISTANCIA MESIO-DISTAL



0 meses



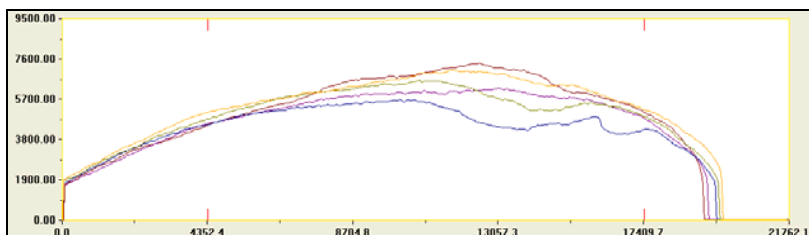
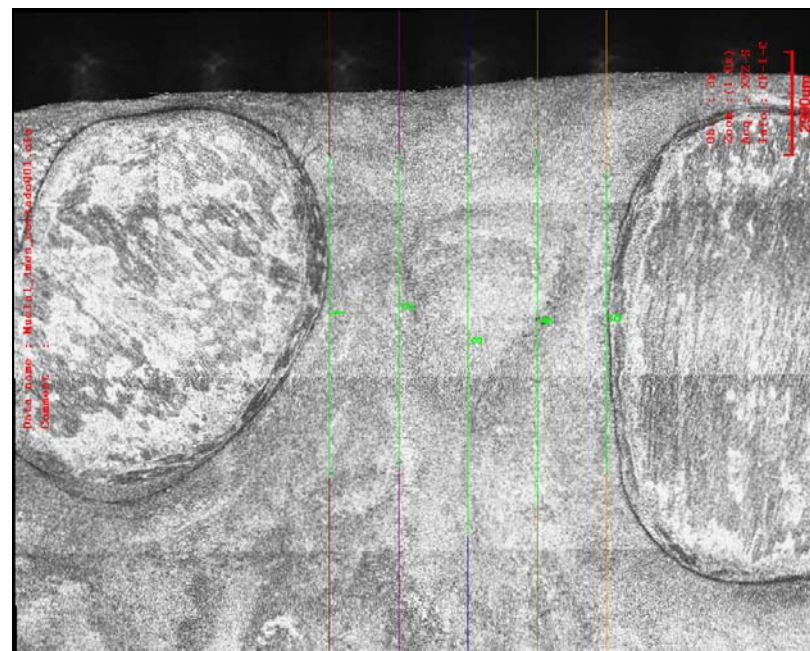
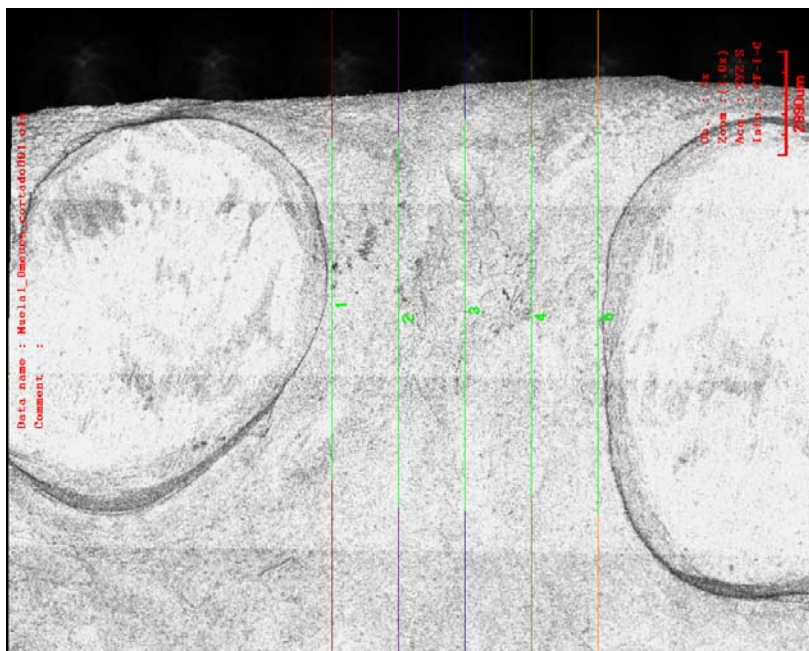
1 mes



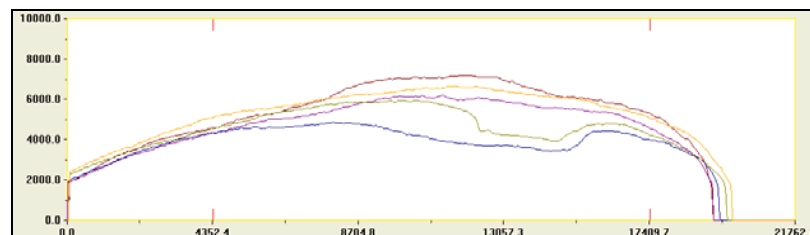


3 meses

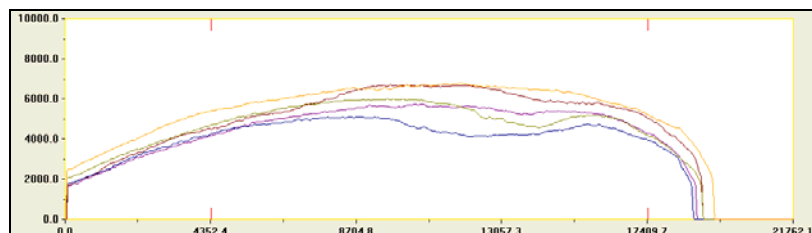
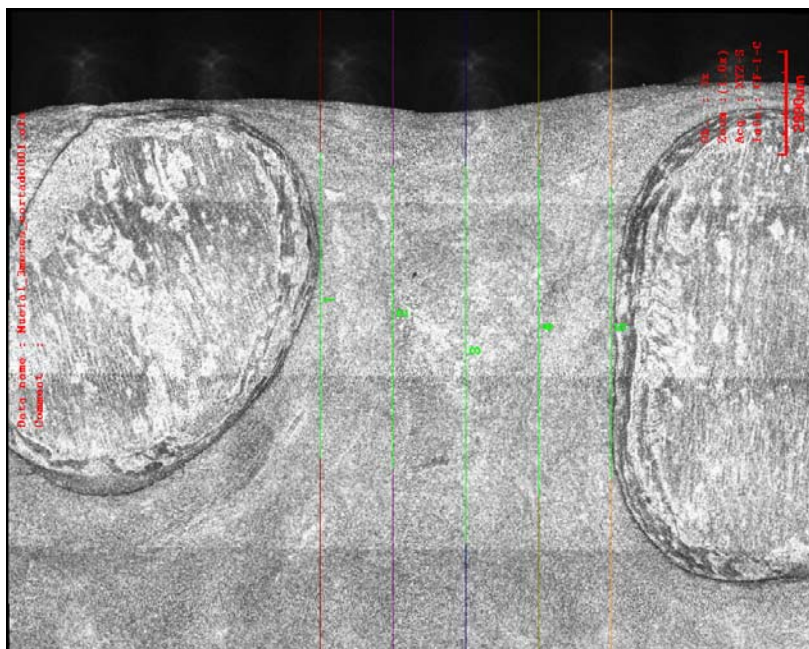
ANCHURA VESTIBULO-LINGUAL



0 meses

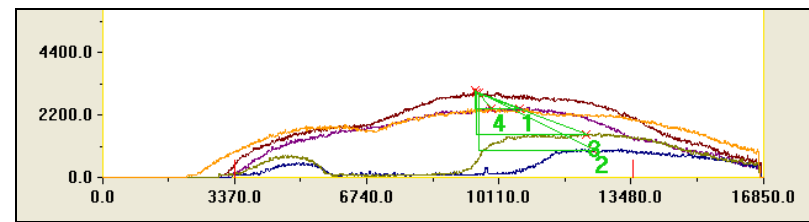
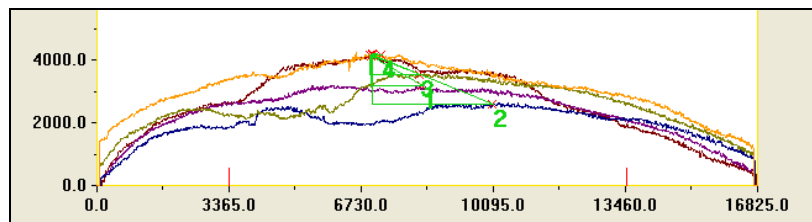
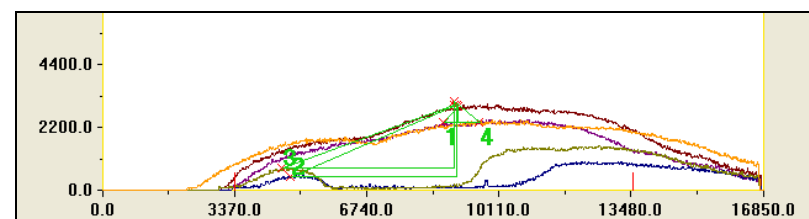
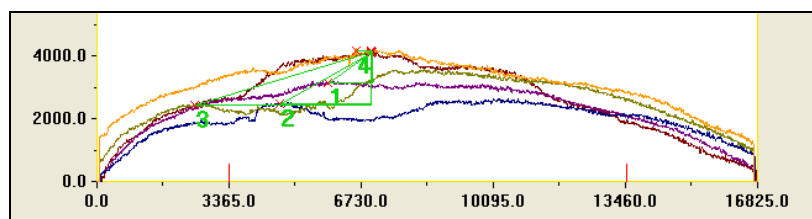
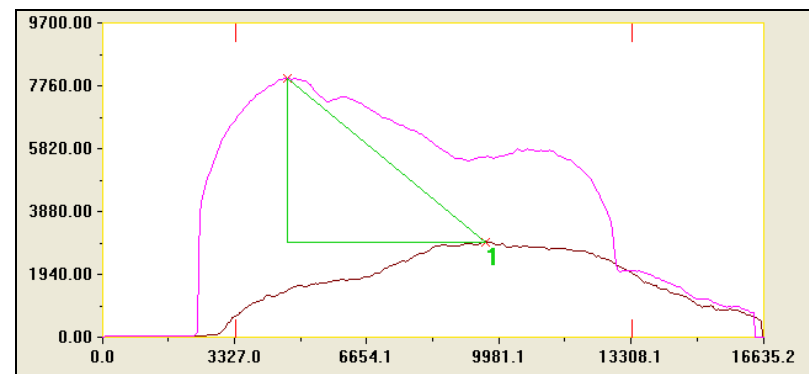
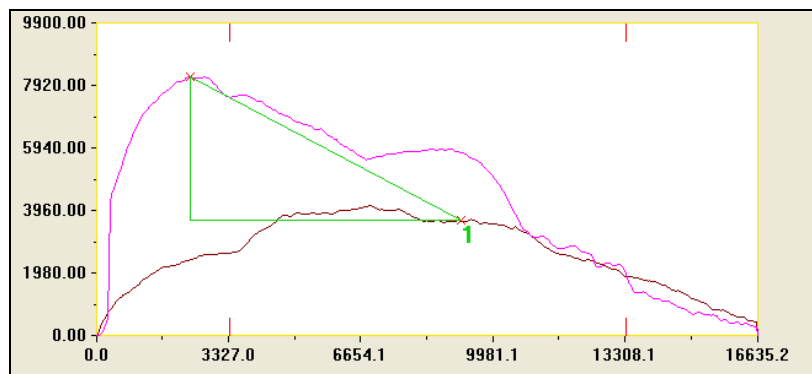


1 mes



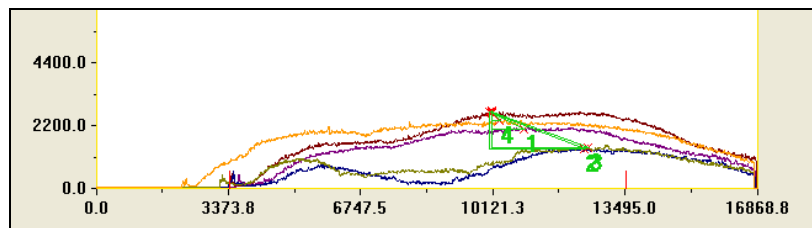
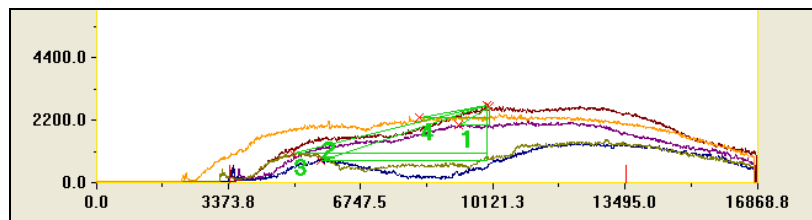
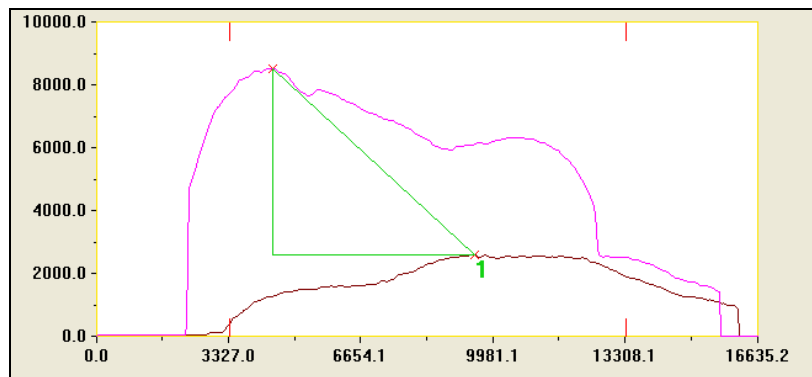
3 meses

ALTURA ALVEOLAR



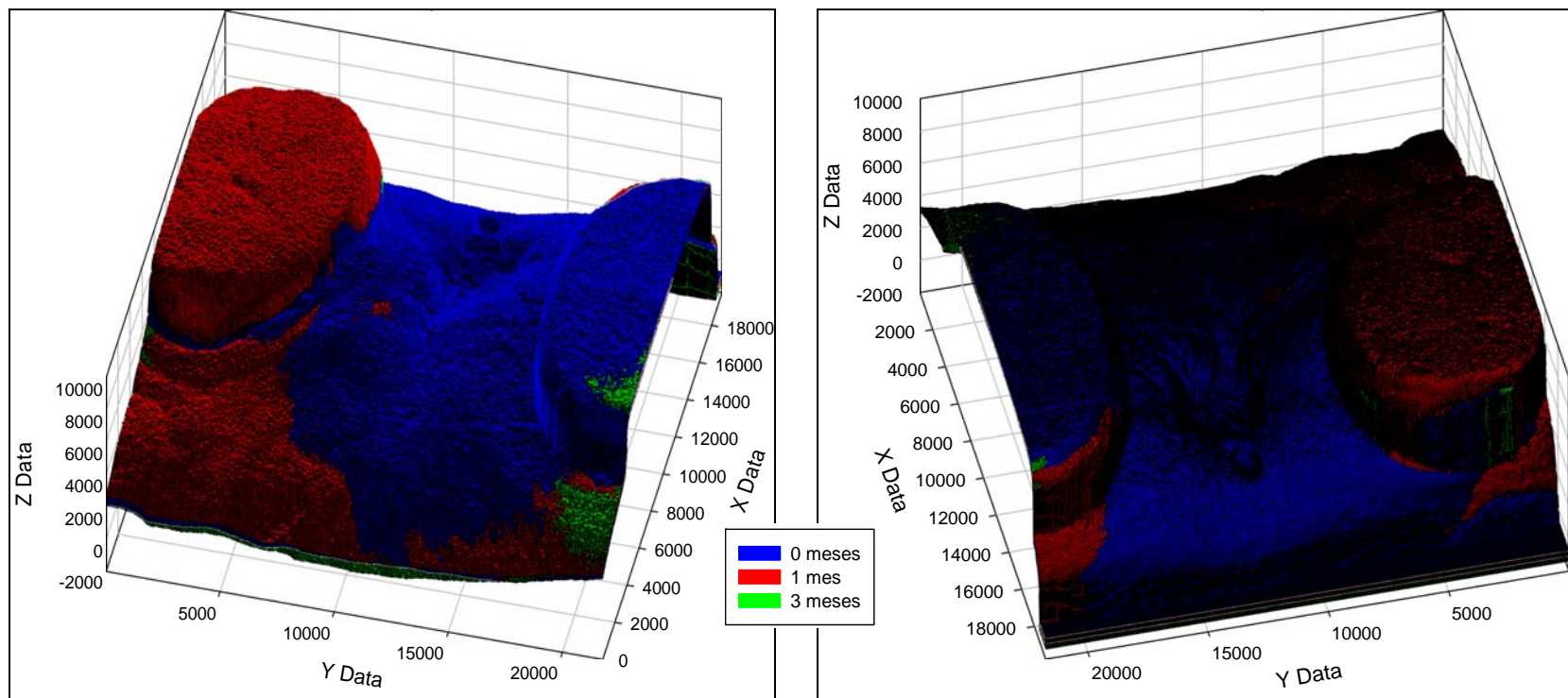
0 meses

1 mes



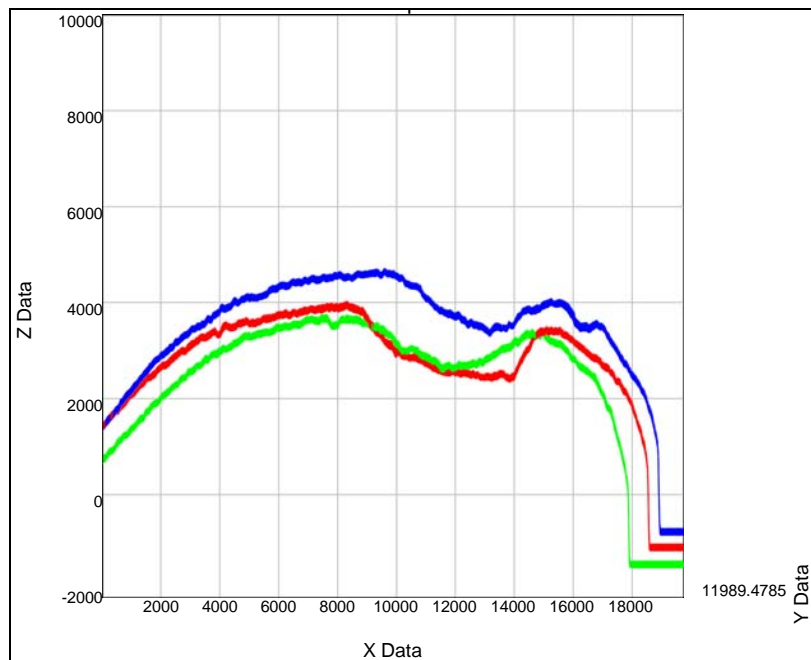
3 meses

SUPERPOSICIONES

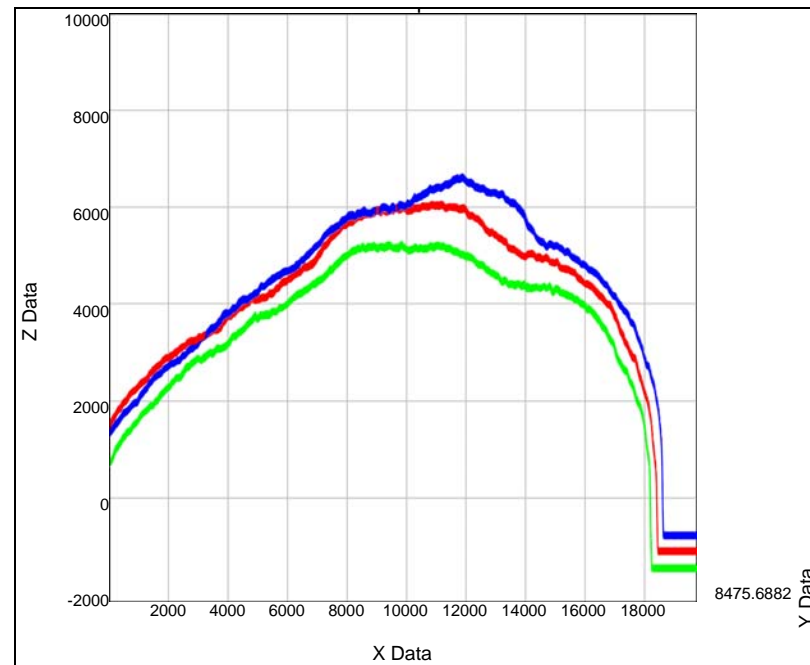


Vista lingual

Vista vestibular



Perfil en el punto 3 de medida



Perfil en el punto 1 de medida