



Análisis morfométrico de la unidad dentogingival y su importancia en implantología dental

Trabajo Fin de Máster en Ingeniería Biomédica



Autor

Agustín José Calleja Gómez

Directores

Carmen Carda Batalla

Amparo Ruiz Saurí



UNIVERSITAT
DE VALÈNCIA

FECHA DEL TRABAJO
SEPTIEMBRE 2015



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	2
1.1. Sumario.....	2
1.2. Objetivos generales y específicos.....	3
1.2.1. Objetivo general.....	3
1.2.2. Objetivos específicos	3
1.3. Hipótesis	4
2. CONTEXTO ANATÓMICO PERIODONTAL.....	4
2.1. Encía.....	5
2.1.1. Estructura histológica.....	6
2.2. La unión dentogingival	11
2.3. Periodoncio de inserción	15
2.3.1. Cemento	15
2.3.2. Ligamento periodontal	17
2.3.3. Hueso alveolar	19
3. IMPLANTOLOGÍA.....	22
4. INVESTIGACIONES DE REFERENCIA.....	29
4.1. La unión dentogingival	30
4.2. El biotipo periodontal.....	33
4.2.1. Biotipo e implantología	36
4.2.1.1. Relevancia clínica del biotipo.....	36
4.2.1.2. Técnicas de caracterización del biotipo periodontal	37
4.2.1.3. Factores determinantes del éxito en implantología	38
4.2.1.4. Factores implantológicos que propician la salud del tejido blando	41
5. CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA DE LA UNIÓN DENTOGINGIVAL	44
5.1. Selección de las muestras	44
5.2. Estudio radiológico	49
5.3. Microscopía óptica.....	54
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	64
6.1. Análisis estadístico	66
6.2. Discusión	86
6.2.1. Estudio de Stein: comparativa.....	87
6.2.2. Estudio Gargiulo: comparativa	90
6.3. Análisis de la correlación entre las medidas longitudinales y transversales	92
6.4. Análisis de regresión.....	93
7. CONCLUSIONES Y CONFIRMACIÓN DE HIPÓTESIS.....	101
8. AMPLIACIÓN DEL ESTUDIO	103
9. BIBLIOGRAFÍA, RECURSOS WEB Y ABREVIATURAS	104
10. AGRADECIMIENTOS	106

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Sumario

El presente documento corresponde a la memoria realizada para el Trabajo de Fin de Máster en Ingeniería Biomédica. En este, se detallan los frutos del estudio que se ha llevado a cabo sobre la unión dentogingival, haciendo hincapié en el biotipo periodontal, y la relevancia que esta estructura tiene en implantología dental y de cómo esta última se puede adaptar a las necesidades específicas de cada paciente.

Tomando a continuación, una perspectiva más biomédica, y siguiendo el hilo de la implantología dental, se explicará cómo influyen las características del complejo dentogingival y del hueso alveolar a la hora de la planificación y ejecución de un proceso de restauración dental.

Enlazando con las bases del tratamiento restaurativo dental, se analizarán con detalle las técnicas más utilizadas para caracterizar la unión dentogingival y hueso alveolar y determinar las características más importantes de dicho complejo en los pacientes odontológicos. Entre estos métodos, encontraremos desde técnicas meramente visuales, que se basan en la experiencia del profesional sanitario, hasta otras más sofisticadas que requieren la utilización de dispositivos de imagen médica avanzada y personal formado capaz de manejarlos apropiadamente.

Tras el análisis bibliográfico sobre estos conceptos, que sirvió para asentar los conocimientos y principios básicos sobre la unión dentogingival y el tratamiento implantológico dental, en parte adquirido por la experiencia laboral de este autor, se detallarán los pasos seguidos en la realización de un caso práctico, consistente en el análisis morfométrico de la unión dentogingival en muestras de cadáver donadas por el *Departament d'Anatomia de la Facultat de Medicina i Odontologia de la Universitat de València*. Para ello, se han utilizado dos métodos diferentes para la caracterización de cada muestra, por una parte mediante técnicas radiológicas y por otra, técnicas de carácter morfométrico a nivel de microscopía óptica.

Para el primero, se utilizará la misma metodología para preparar y tomar las radiografías de cada pieza dental que la que fue utilizada por Jamal M. Stein y colaboradores en el artículo "*The gingival biotype: measurement of soft and hard tissue dimensions - a radiographic morphometric study*" (Stein, y otros, 2013). El propósito de este estudio era el de evaluar la correlación de diferentes parámetros morfométricos con el grosor gingival y el hueso alveolar a diferentes niveles apico-coronales. Sin embargo, no se ha podido replicar completamente este estudio, pues en él, contaron con pacientes voluntarios vivos y pudieron realizarse otros análisis adicionales para incluirlos en el estudio. No obstante, en este trabajo contamos con la ventaja de poder realizar un análisis morfométrico a nivel microscópico de las muestras, para complementar aquellas medidas de relevancia en el estudio además de poder comparar la precisión de las medidas tomadas en radiografía con las tomadas por microscopía.

El análisis morfométrico microscópico se realizó tomando las mismas medidas significativas que se analizan en el artículo de Gargiulo y colaboradores “*Dimensions and relations of the dentogingival junction in humans*” (Gargiulo, Wentz, & Orban, 1961), artículo en el que se sentaron las bases del conocimiento sobre el espacio biológico humano, así como las mediciones siguiendo la metodología de Stein para aumentar la precisión de las medidas tomadas con las radiografías.

Una vez realizados sendos estudios morfométricos, pasaremos a detallar el trabajo estadístico llevado a cabo con los datos obtenidos. En este análisis, se estudiarán las principales características de los resultados del estudio morfométrico y se estimará la correlación existente entre los atributos medidos intentando además aplicar métodos de regresión para una posible aplicación de estimación de alguno de los parámetros medidos.

Del mismo modo, se compararán dichos resultados con otras investigaciones llevadas a cabo por diferentes autores.

Para finalizar, se abrirá una puerta a una futura investigación, sentando las bases de las características que podrían propiciar el éxito del tratamiento implantológico, según las características de la unión dentogingival y el espacio biológico del paciente.

1.2. Objetivos generales y específicos

1.2.1. Objetivo general

El objetivo general de este trabajo es el de obtener muestras biológicas procedentes de necropsias. Éstas deben corresponder a una sección de la arcada dental del maxilar superior de cada donante, a ser posible, incluyendo las mismas piezas dentales en cada individuo, para realizar un análisis morfométrico de la unidad dentogingival.

1.2.2. Objetivos específicos

- Realización de un estudio morfométrico y caracterización de la unidad dentogingival aplicando dos técnicas diferentes:
 - Morfometría en imágenes radiológicas de piezas dentales individuales, previa preparación y selección de las muestras.
 - Morfometría y análisis histológico de imágenes obtenidas por microscopía óptica.
- Basándose en los resultados de morfometría y análisis histológico, describir la correlación entre las variables observadas.
- Determinar la importancia del biotipo gingival en el ámbito de la Implantología dental.

1.3. Hipótesis

El éxito en implantología dental se ha centrado en la evaluación del grado de óseo-integración del implante con el hueso alveolar, consiguiéndose en la actualidad, un alto porcentaje de éxito.

La hipótesis que se plantea es si el biotipo periodontal juega un papel relevante en el proceso de restauración dental o si únicamente influye a nivel del resultado estético del proceso.

2. CONTEXTO ANATÓMICO PERIODONTAL

El periodoncio o periodonto es el conjunto de tejidos que constituyen el órgano de sostén y protección del elemento dentario. En la figura 1 se puede ver un esquema del diente y de sus estructuras de sostén y protección. (Gómez de Ferraris & Campos Muñoz, Periodoncio de protección: encía y unión dentogingival, 2009).

De acuerdo a su función, el periodoncio se divide en:

- Periodoncio de protección, que comprende dos regiones: la encía, que forma un collar o rodete alrededor del cuello del diente y la unión dentogingival, que une la encía a la pieza dentaria. El periodoncio de protección aísla de esta manera la porción coronaria expuesta y protege a las estructuras de sostén.
- Periodoncio de inserción, que está constituido por el cemento radicular, el ligamento periodontal y el hueso alveolar. El ligamento asegura la inserción de la porción radicular de los dientes en los alveolos óseos de los maxilares, por medio de haces de fibras colágenas que constituyen una verdadera articulación del tipo de las gonfosis, denominada articulación alveolodentaria.

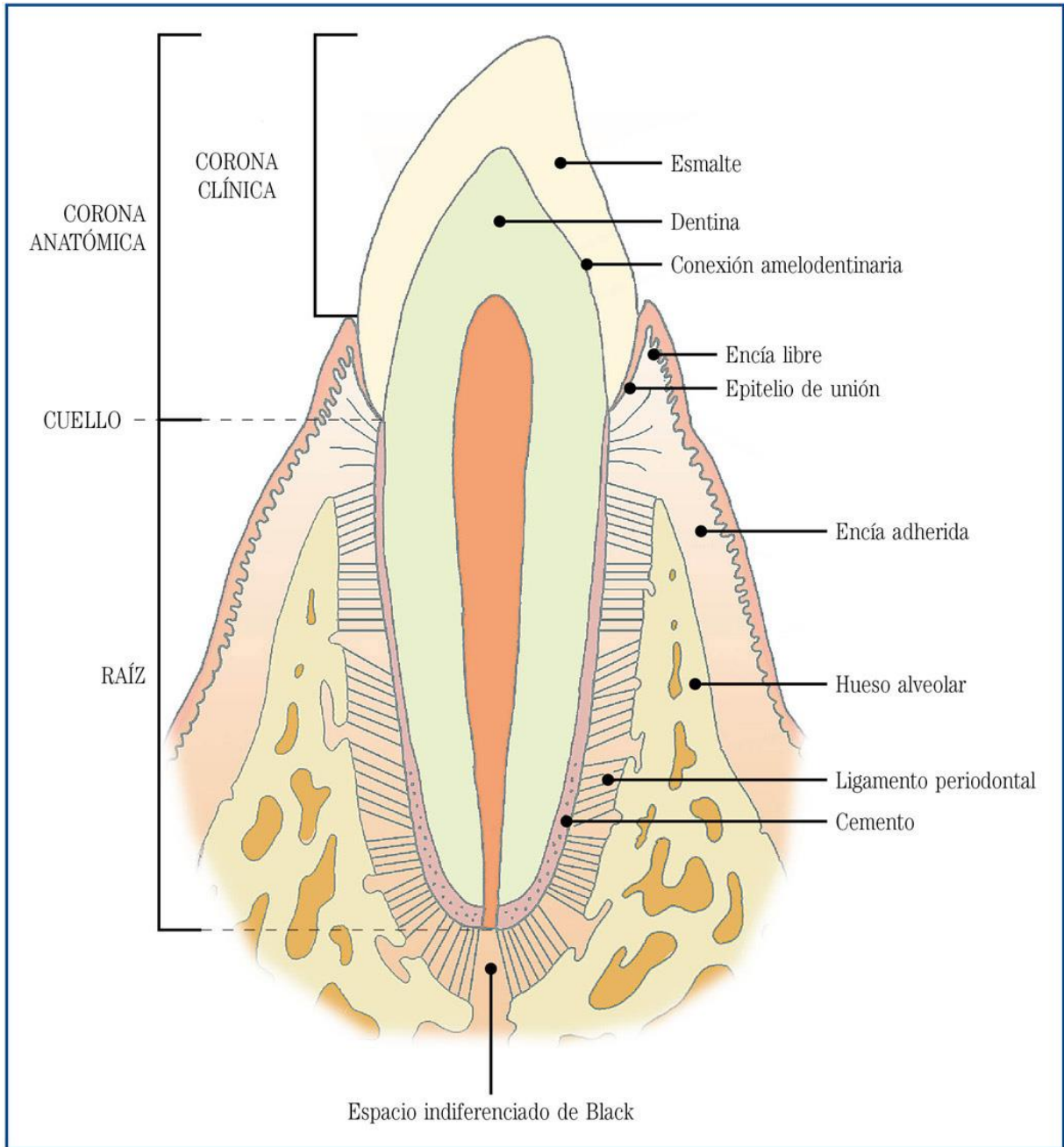


Figura 1. Esquema del diente y de sus estructuras de sostén y protección (Gómez de Ferraris & Campos Muñoz, Periodoncio de protección: encía y unión dentogingival, 2009).

2.1. Encía

La encía es la parte de la mucosa bucal masticatoria que tapiza los procesos o rebordes alveolares, rodeando el cuello de las piezas dentarias, a los que se adhiere a través de la unión dentogingival, de la que se hablará con detalle en este trabajo.

Por la firmeza de su fijación, la encía se divide en dos regiones:

- La encía libre o marginal. Es la región de la mucosa que no está unida al hueso alveolar subyacente y que se extiende desde el borde gingival libre hasta el denominado surco gingival libre o surco marginal.
- La encía fija o adherida, unida al periostio del hueso alveolar, es la continuación apical de la anterior, extendiéndose desde el surco gingival libre hasta la unión, línea o surco mucogingival que separa la mucosa masticatoria de la encía de la mucosa alveolar.

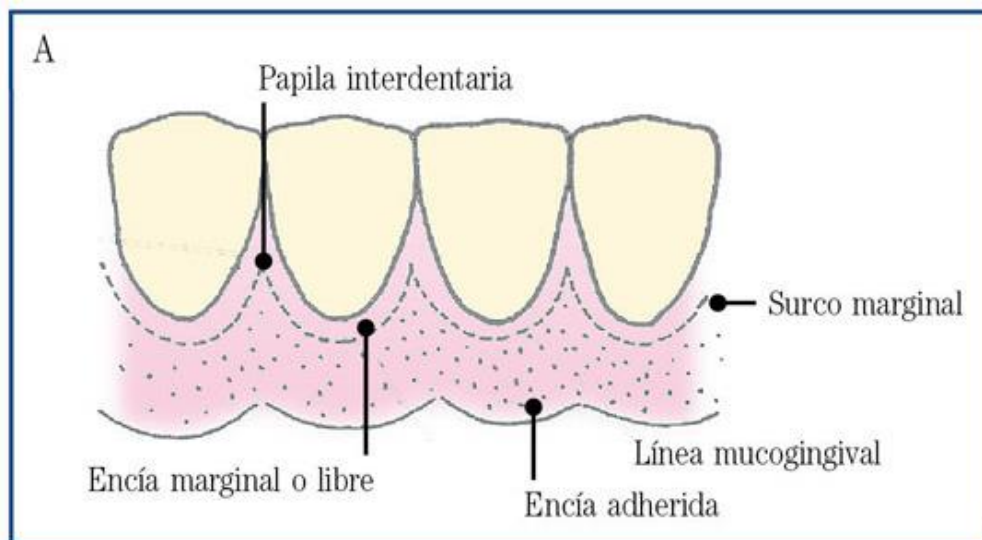


Figura 2. Zonas de la mucosa gingival (Gómez de Ferraris & Campos Muñoz, Periodoncio de protección: encía y unión dentogingival, 2009).

2.1.1. Estructura histológica

La encía está compuesta por un revestimiento epitelial de tipo masticatorio y un tejido conectivo subyacente llamado lámina propia o corion. Estos tejidos tienen características propias según la región a considerar, así, se describirá histológicamente el epitelio y el corión de la encía libre y posteriormente, de la adherida.

Encía libre o marginal

El epitelio de la encía libre está conectado al tejido conectivo por una interfase sumamente ondulada, debido a las proyecciones papilares que envía el tejido conectivo hacia el epitelio y la presencia de crestas epiteliales interpapilares, su presencia es un rasgo histológico típico del epitelio bucal, tal y como se puede ver en la figura 3. Por el contrario, la interfase epitelio-corion es recta a nivel del epitelio del surco y del epitelio de unión que forman, como se verá más adelante.

El epitelio de la encía libre puede ser de dos tipos: queratinizado o paraqueratinizado. Podemos encontrar, al igual que en el epitelio de la mucosa bucal, melanocitos, células de Langerhans y células de Merkel. En los queratinocitos de este epitelio, se han identificado diferentes citoqueratinas, principal componente del citoesqueleto de las células epiteliales. Además, dichos queratinocitos expresan moléculas del complejo mayor de histocompatibilidad (CMH) lo que sugiere la posibilidad de que estas células, al igual que las células de Langerhans, desempeñen una función inmunológica. El epitelio gingival actuaría, por tanto, no sólo como una barrera física sino también como una estructura de carácter inmunológico.

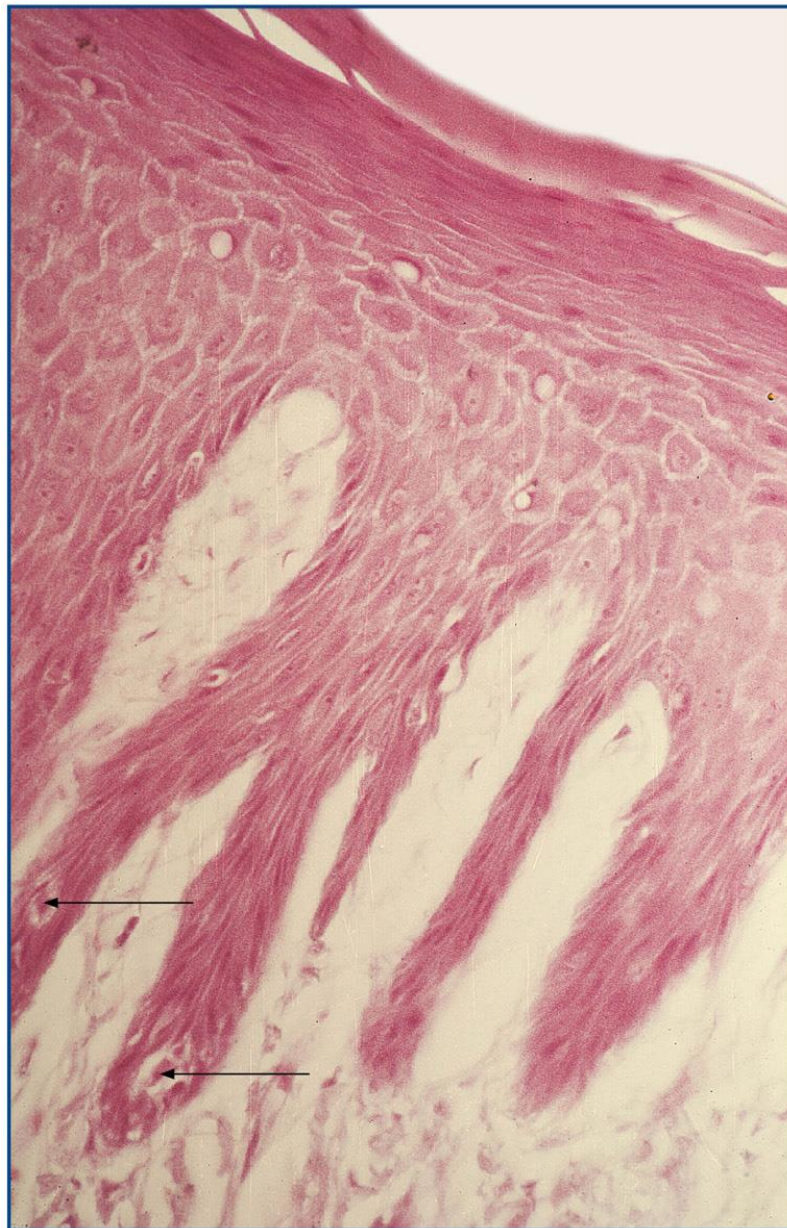


Figura 3. Crestas epiteliales y papilas coriales. En el extremo distal de las crestas se identifican células claras (flechas) correspondiente a la población no queratinocítica, HE, x 100 (Gómez de Ferraris & Campos Muñoz, Periodoncio de protección: encía y unión dentogingival, 2009).

El epitelio de la encía interdental es estratificado plano paraqueratinizado en su vertiente vestibular y lingual, mientras que el epitelio que reviste la col es de tipo estratificado no queratinizado.

Por otra parte, el corion o tejido conectivo de la encía libre o marginal, es semidensó y posee una cantidad similar de células y fibras. Se pueden encontrar:

- **Fibroblastos:** son las células predominantes, representan, aproximadamente, el 65% de la población celular total del corion gingival. Su función es sintetizar los diversos tipos de fibras del tejido conectivo e intervienen además en la elaboración de la sustancia fundamental de este tejido. Se ha descrito heterogeneidad entre los fibroblastos gingivales ubicados bajo el epitelio de la encía y la unión dentogingival y los fibroblastos existentes en el ligamento periodontal.
- **Células cebadas:** se localizan en general, cerca de los vasos sanguíneos. Estas células revisten una particular importancia desde el punto de vista patológico, pues los mastocitos producen sustancias vasoactivas que controlan el flujo de sangre y mantienen la estabilidad del sistema microvascular
- **Macrófagos:** participan activamente en la defensa contra sustancias extrañas o irritantes, por su función fagocítica. Se puede encontrar un pequeño número de macrófagos, linfocitos y plasmocitos en el tejido conectivo de la encía normal e intervienen en la defensa y reparación.

El corion contiene, además, fibras colágenas, fibras de reticulina, escasas fibras elásticas, fibras de elastina y fibras de oxitalán, que, ultraestructuralmente, se asemejan a las fibras elásticas inmaduras. Las fibras colágenas son, principalmente, del tipo I y III, distribuyéndose estas últimas bajo los epitelios y alrededor de los vasos sanguíneos.

Como se ha indicado con anterioridad, la relación entre el epitelio y el tejido conectivo presenta un aspecto ondulado por las numerosas prolongaciones del corion o papilas coriales que no levantan la superficie del epitelio y se llaman papilas adomorfadas, tal y como se puede observar en la figura 4.



Figura 4. Papilas coriales adelomorfas y epitelio plano estratificado paraqueratinizado. Tricrómico de Mallory, x250. (Gómez de Ferraris & Campos Muñoz, Periodoncio de protección: encía y unión dentogingival, 2009).

Encía fija, insertada o adherida

En cuanto al epitelio de esta región, es de tipo estratificado plano queratinizado. Presenta menos cantidad de glucógeno que el epitelio no queratinizado. También suele observarse mayor cantidad de células de Langerhans y melanocitos. Al igual que en el epitelio de la encía libre, se observa la presencia de queratinocitos superficiales de patrón tipos III y IV.

El grado de queratinización del epitelio de ambos tipos de encías, libre y adherida, no tiene grandes variaciones en relación con el sexo. En general, la queratinización del epitelio gingival está en relación con los hábitos y los tipos de alimentación, disminuyendo progresivamente con la edad.

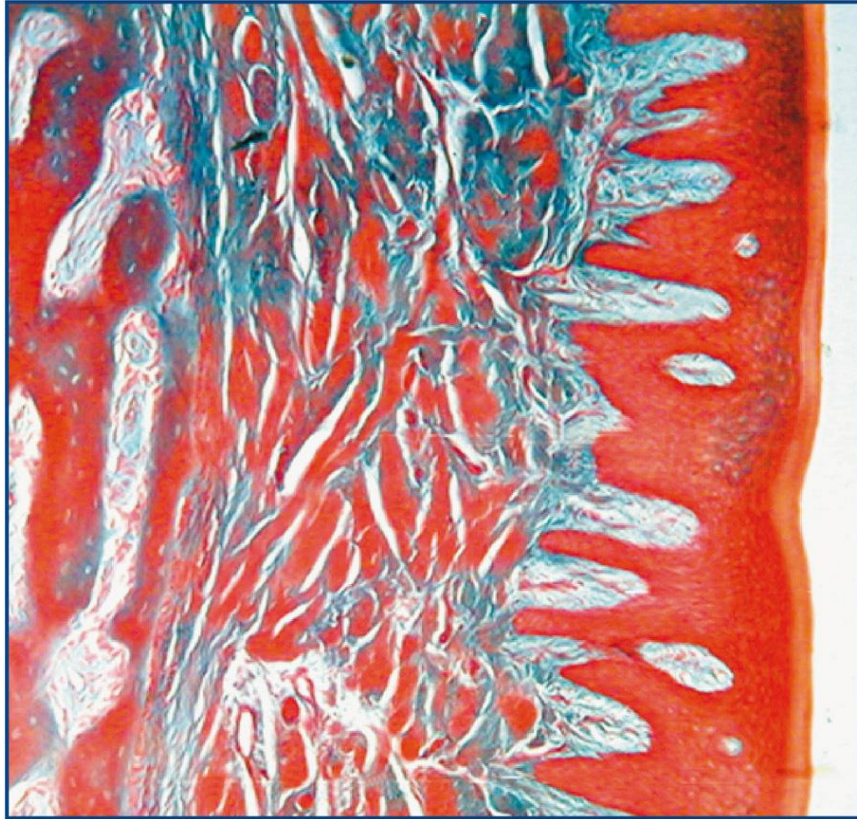


Figura 5. Encía adherida. Tricrómico de Masson, x40. (Gómez de Ferraris & Campos Muñoz, Periodoncio de protección: encía y unión dentogingival, 2009).

El corion de la encía adherida es de tipo denso, sumamente fibroso. Se caracteriza por poseer abundantes papilas delomorfas que levantan el epitelio que lo reviste; la superficie presenta un aspecto puntiforme.

En el tejido conectivo de la zona correspondiente a la conexión de las encías adherida y marginal se encuentran gruesos haces de fibras colágenas que se entremezclan con los provenientes del periostio y ligamento periodontal, que se disponen en una especie de anillo. A esto se le denomina ligamento gingival o supracrestal.

Tal y como se puede ver en la figura 6, las fibras se ordenan en los siguientes grupos:

- Grupo gingivo-dental: constituido por haces de fibras de colágeno que se extienden desde la encía al cemento dentario.
- Grupo gingivo-alveolar: constituido por haces de fibras de colágeno que se extienden desde la encía al periostio de la cresta alveolar.
- Grupo circular: los haces de fibras de colágeno forman una banda o anillo alrededor del cuello del diente entrecruzándose con las anteriores.
- Grupo periostio-dental: constituido por haces de fibras de colágeno que se dirigen desde el periostio de la vertiente externa de la cresta alveolar hacia el cemento.

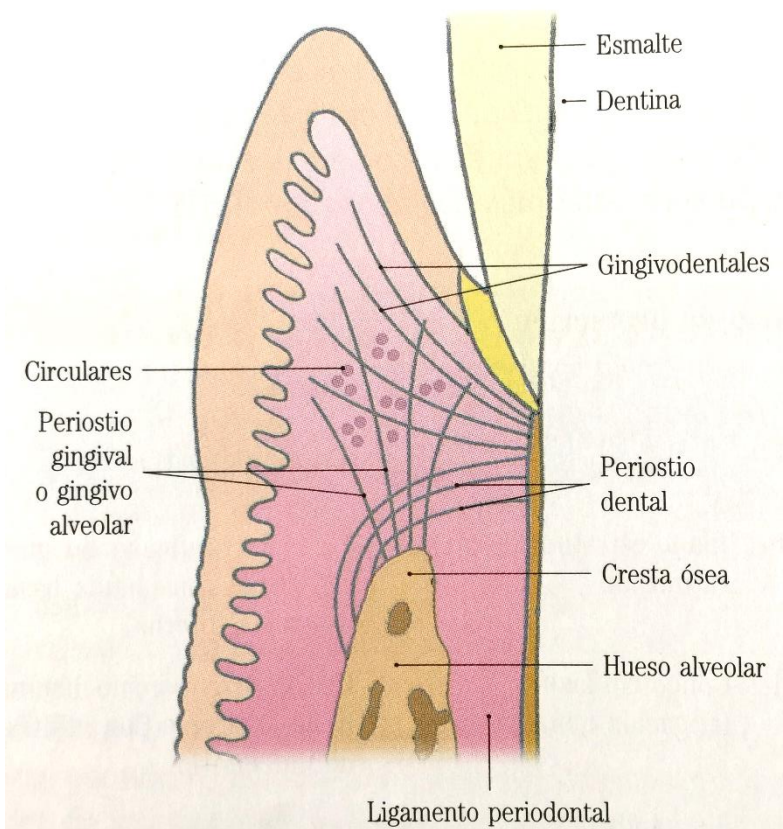


Figura 6. Fibras gingivales (corte vestibulolingual). (Gómez de Ferraris & Campos Muñoz, Periodoncio de protección: encía y unión dentogingival, 2009).

En el tejido conectivo de la encía interdental existe el denominado grupo transeptal o grupo dentodental, formado por haces de fibras de colágeno que parten del cemento cervical del diente, atraviesan dicho tejido conectivo y se insertan en el cemento cervical del diente adyacente por encima de la cresta alveolar.

Tanto las fibras gingivodentales como las circulares refuerzan la unión dentogingival.

La celularidad y la composición química del corion de la encía adherida son similares a las descritas en la encía libre.

2.2. La unión dentogingival

Significación clínica

La unión dentogingival (en adelante UDG) es una de las regiones del periodoncio de protección junto con la encía adherida (fija) y la encía marginal o libre (vertiente bucal de la encía), y se describe como una unidad anatómica y funcional que sirve de interfaz entre la encía y la estructura dental. En el trabajo descriptivo del equipo liderado por Gargiulo (Gargiulo, Wentz, & Orban, 1961) se

aplica el término “UDG fisiológica” al complejo anatómico formado por el margen gingival, el epitelio del surco, el epitelio de unión y el tejido conectivo adherido. Además, estableció la importancia de la unión epitelial y de tejido conectivo como los componentes principales de la UDG.

Antes de analizar con detalle estos estudios, para comprender y caracterizar satisfactoriamente la UDG a nivel morfométrico microscópico, se hace necesario describir estos componentes a nivel histológico. Además, detallaremos brevemente el origen embriológico del complejo dentario.

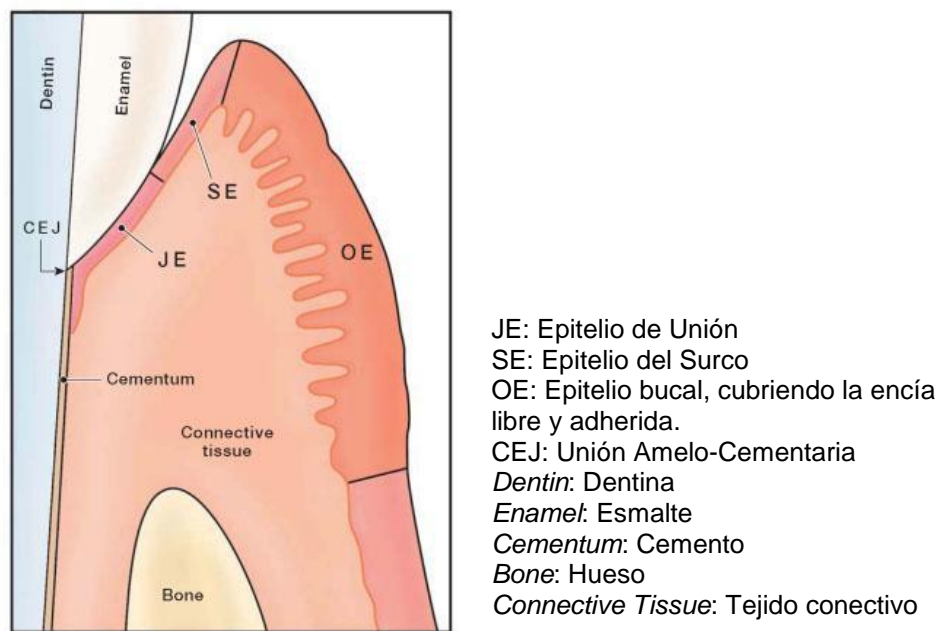


Figura 7. Unión Dentogingival. (Delgado Pichel, Inarejos Montesinos, & Herrero Climent, 2001).

Estructura histológica y origen embriológico

En la figura 7, se muestran los componentes de la unión dentogingival, tal y como se han descrito con anterioridad. Se analizará cada componente de este complejo para conocer, en líneas generales, su histología.

Así, siguiendo el esquema de la figura 7, el epitelio del surco se continúa en el borde gingival con el epitelio bucal (OE en la figura 1) y con el epitelio de unión en sentido apical, no obstante, no existe una división clara entre ambos epitelios.

Este epitelio es de tipo plano estratificado no queratinizado y en ocasiones pueden encontrarse algunos gránulos de queratohialina y queratinosomas.

El epitelio del surco se asemeja al epitelio de unión, no obstante, las células en este están más próximas unas con otras y los espacios intercelulares no son tan amplios.

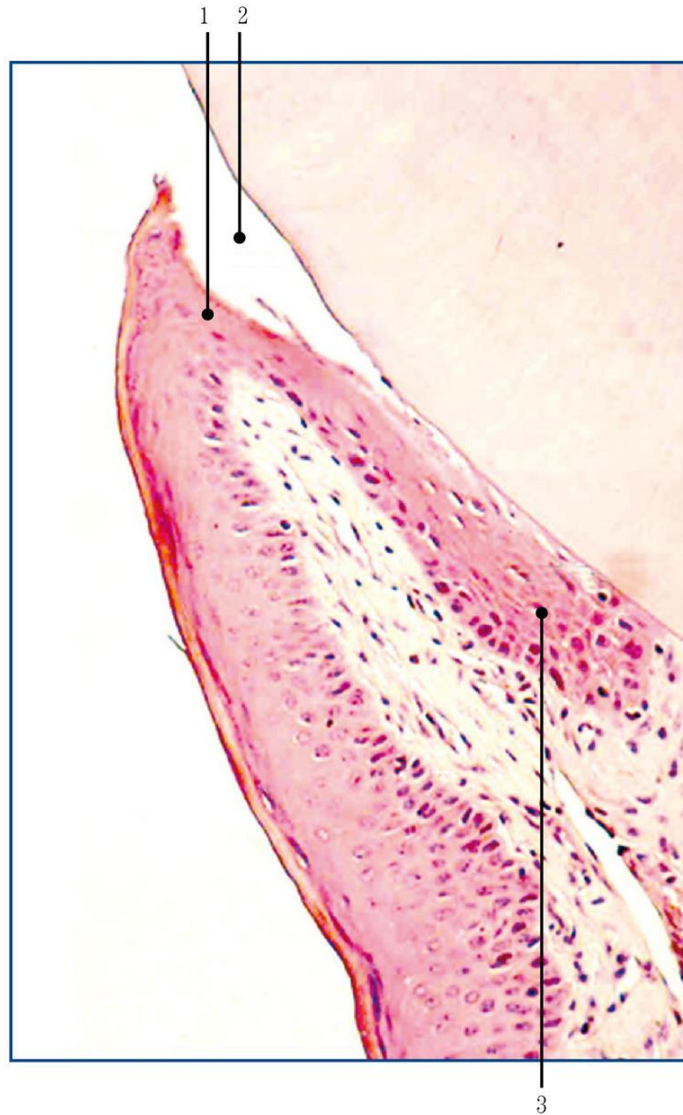


Figura 8. 1) Epitelio del surco. 2) Surco gingival. 3) Epitelio de unión. HE, x40. (Gómez de Ferraris & Campos Muñoz, Periodoncio de protección: encía y unión dentogingival, 2009).

El epitelio de unión une la encía con el diente a través de una membrana basal y se extiende desde la región de la unión amelo cementaria hasta el fondo del surco gingival, configurando un anillo alrededor del diente. Se organiza como un epitelio no queratinizado, escamoso y estratificado. Está formado por queratinocitos y otras células como son melanocitos y células Merckel. Las células de Langerhans, a diferencia del epitelio bucal y del sulcular, pueden no estar presentes.

En el epitelio de unión se consideran, por un lado, las dos poblaciones celulares existentes en el mismo, la población intrínseca queratinocítica y la población extrínseca (granulocitos, linfocitos y monocitos) y, por otro, las láminas basales externa e interna.

La lámina basal externa, que une el epitelio de unión al conectivo, muestra una estructura semejante al resto de las membranas basales existentes entre el tejido conectivo y los epitelios de la encía libre, adherida y del surco.

La lámina basal interna, adyacente a la superficie adamantina, es hasta tres veces más ancha que la externa y está compuesta por una lámina densa, la más próxima al diente, y una lámina lúcida, en la que se insertan los hemidesmosomas.

La adherencia epitelial real al diente es efectuada gracias a los hemidesmosomas y a la lámina basal interna, que se adhieren a la superficie del esmalte o cemento, e incluso a la superficie de los implantes restaurativos.

El origen embriológico del epitelio de unión, reside en el epitelio reducido del esmalte, cuando se produce la erupción dentaria, este se va sustituyendo paulatinamente por el de unión, avanzando dicha progresión apicalmente hasta que el diente alcanza el contacto oclusal. No obstante, esta erupción es continua, es decir, no acaba en el contacto oclusal sino que persiste de por vida. Es por esto, que se habla de erupción activa y pasiva.

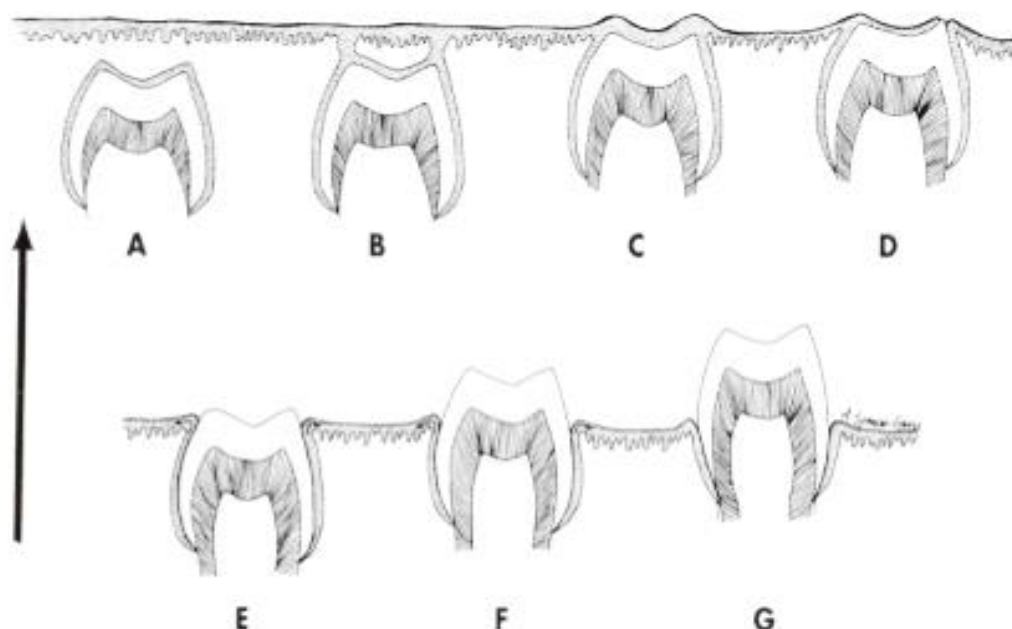


Figura 9. Erupción dental. A, corona perforando el hueso y el tejido conectivo. B, contacto de la corona con el epitelio bucal. C, fusión del epitelio. D, estrechamiento del epitelio. E, ruptura del epitelio. F, la corona emerge. G, contacto oclusal. (Wisdom, 2010).

La erupción activa tiene como origen la compensación de la atrición que tiene lugar a lo largo de la vida, lo cual evita la disminución de la dimensión vertical. Se acompaña de aposición de cemento a nivel de los ápices y las furcas.

Por otro lado, la erupción pasiva consiste en la migración apical de la encía, como consecuencia, se produce una exposición dentaria, considerado como patológico. Se habla de cuatro fases en función de la localización de la encía.

El corion o tejido conectivo supracrestal, de variedad laxa, está formado por: fibroblastos (5%); células de los vasos sanguíneos, linfáticos, terminaciones nerviosas y matriz (35%) y fibras colágenas tipo 1 (60%), organizándose en

haces. En el mismo, existe un filtrado inflamatorio de células (neutrófilos, linfocitos y monocitos-macrófagos) que se concentran en este lugar.

En la tabla A, se recogen las diferencias a nivel histológico entre las estructuras del periodoncio de protección.

Estructura	Encía adherida (fija)	Encía marginal (libre) (vertiente bucal de la encía)	Epitelio del surco (vertiente dental de la encía)	Epitelio de unión
Epitelio	Plano estratificado paraqueratinizado y con parches de queratina	Plano estratificado paraqueratinizado	Plano estratificado no queratinizado	Plano estratificado no queratinizado con lámina basal externa e interna
Corion	Conectivo denso adherido al periostio	Conectivo semidenso no adherido al periostio	Conectivo laxo. Irrigación abundante	Corion laxo (vecino lámina basal externa). Con infiltrado linfocitario.
Papilas coriales	Papilas "delomorfas" largas y estrechas. Irrigación escasa	Papilas "adelomorfas" más cortas y numerosas. Irrigación moderada	Sin papilas	

Tabla A. Histología periodoncio de protección, en verde unión dentogingival. (Gómez de Ferraris & Campos Muñoz, Periodoncio de protección: encía y unión dentogingival, 2009) .

2.3. Periodoncio de inserción

El periodoncio o periodonto de inserción está compuesto por tres estructuras que conforman una unidad funcional y comparten un mismo origen embriológico: cemento, ligamento periodontal y hueso alveolar.

Las fibras colágenas del ligamento periodontal se insertan, por un lado, en el cemento y, por el otro, en el hueso que rodea el alveolo, constituyendo la articulación alveolodentaria. Esta articulación del grupo particular de las gonfosis, mantiene al diente en su sitio y le permite resistir las fuerzas masticatorias. (Gómez de Ferraris & Campos Muñoz, Periodoncio de inserción: cemento, ligamento periodontal y hueso alveolar, 2009).

2.3.1. Cemento

El cemento es un tejido conectivo mineralizado, derivado de la capa celular ectomesenquimática del saco o folículo dentario que rodea al germen dentario. A semejanza del esmalte, el cemento cubre la dentina, aunque sólo en la porción radicular. Tiene como función principal anclar las fibras del ligamento periodontal a la raíz del diente.

Desde el punto de vista estructural, el cemento es parecido al hueso, ya que su dureza y composición química son prácticamente iguales. Ambos tejidos proporcionan un sitio de anclaje o inserción a las fibras periodontales. No obstante, poseen características que los diferencian:

- El cemento cubre y protege la totalidad de la superficie dentinaria de la raíz del diente, desde el cuello anatómico hasta el ápice radicular.
- El cemento no está vascularizado y carece de inervación propia.
- El cemento no tiene capacidad de ser remodelado y es, por lo general, más resistente a la resorción que el hueso. Este hecho es importante desde el punto de vista clínico, puesto que si fuera reabsorbido fácilmente, la aplicación de técnicas ortodóncicas ocasionaría la pérdida de la raíz.

Estructura

El cemento está formado por elementos celulares, en especial, cementoblastos y cementocitos, y por una matriz extracelular calcificada. Se trata de células fenotípicamente diferentes de las células óseas.

- Cementoblastos: están adosados a la superficie del cemento, en el lado del ligamento periodontal. En un diente funcional, los cementoblastos se consideran integrantes estructurales de dicho ligamento.
- Cementocitos: una vez que los cementoblastos quedan incluidos en el cemento mineralizado, se les denomina cementocitos. Éstos se alojan en cavidades denominadas cementoplastos, cementocelos o lagunas.
- Matriz extracelular: contiene, aproximadamente, 46 a 50% de materia inorgánica, 22% de materia orgánica y 32% de agua. Siendo el principal componente inorgánico el fosfato de calcio, que se presenta como cristales de hidroxiapatita. En cuanto al componente orgánico, las fibras de colágeno tipo I constituyen el 90% de la fracción proteica de este tejido. La sustancia fundamental está integrada por proteoglucanos, glucosaminoglucanos y glucoproteínas, semejantes a las de la materia orgánica ósea.

Histofisiología

Las características estructurales del cemento y su ubicación permiten que éste desempeñe numerosas funciones:

- Proporcionar un medio de retención por anclaje a las fibras colágenas del ligamento periodontal que fijan el diente al hueso alveolar.
- Controlar la anchura del espacio periodontal.
- Transmitir las fuerzas oclusales a la membrana periodontal.
- Reparar la superficie radicular.
- Compensar el desgaste del diente por la atrición.
- Participar en la remodelación que realizan las fuerzas ortodóncicas, generando alteraciones importantes del componente mineral en el caso de fuerzas intensas y alteraciones muy escasas, en el caso de fuerzas moderadas.

2.3.2. Ligamento periodontal

El ligamento periodontal es una delgada capa de tejido conectivo fibroso, que, por medio de sus fibras, une el elemento dentario al hueso alveolar que lo aloja.

Sus fibras principales se insertan, por un lado, en el cemento y, por el otro, en la placa cribosa del hueso alveolar.

Las funciones primordiales del ligamento son mantener al diente suspendido en su alveolo, soportar y resistir las fuerzas empleadas durante la masticación y actuar como receptor sensorial propioceptivo, función, esta última, necesaria para lograr el control posicional de la mandíbula y una correcta oclusión.

El ligamento periodontal se ubica en el espacio periodontal, que está localizado entre la porción radicular del elemento dentario y la porción compacta periodóntica del hueso alveolar.

Estructura

El ligamento periodontal, como tejido conectivo denso, está constituido por células, fibras, y sustancia fundamental amorfa. Además posee vasos y nervios.

Los elementos celulares que lo forman son muy heterogéneos, aunque predominan los fibroblastos. Desde el punto de vista funcional podemos distinguir los siguientes tipos de células:

- Células formadoras: fibroblastos, osteoblastos y cementoblastos.
- Células resortivas: osteoclastos y cementoclastos.
- Células defensivas: macrófagos, mastocitos, etcétera.
- Células epiteliales de Malassez.
- Células madre ectomesenquimáticas.

En cuanto a las fibras del ligamento periodontal, podemos encontrar distintos tipos de fibras: colágenas, reticulares, elásticas, oxitalánicas y de elaunina.

Cada fibra se parece a una cuerda retorcida y sigue un recorrido ondulado. Ello permite cierto grado de movimiento al diente, pero, a la vez, por su gran resistencia a la tensión, oponen una firme resistencia a movimientos de mayor intensidad.

Las microfibrillas individuales pueden ser remodeladas de forma continua, en cualquier trecho de su recorrido, mientras que la fibra mantiene su arquitectura y función intactas.

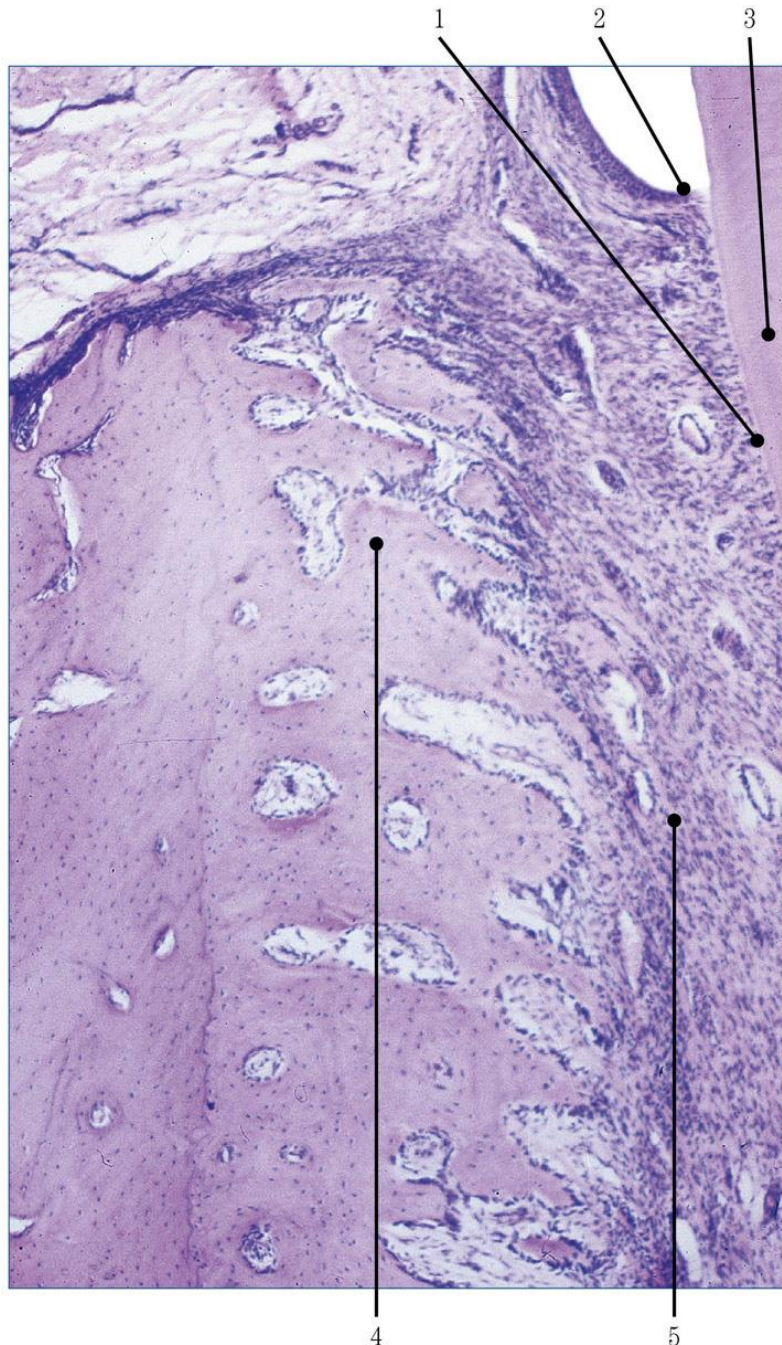


Figura 10. Periodoncio de inserción. 1) Cemento. 2) Epitelio de unión. 3) Dentina. 4) Hueso alveolar. 5) Ligamento periodontal. HE x60. (Gómez de Ferraris & Campos Muñoz, Periodoncio de inserción: cemento, ligamento periodontal y hueso alveolar, 2009).

A estos grupos de fibras con dirección definida se les denomina fibras principales y se dividen en:

- Grupo crestalveolar.
- Grupo horizontal o de transición.
- Grupo oblicuo descendente.
- Grupo apical.
- Grupo interradicular.

En la figura 11 podemos ver con detalle cómo se organizan estos grupos de fibras.

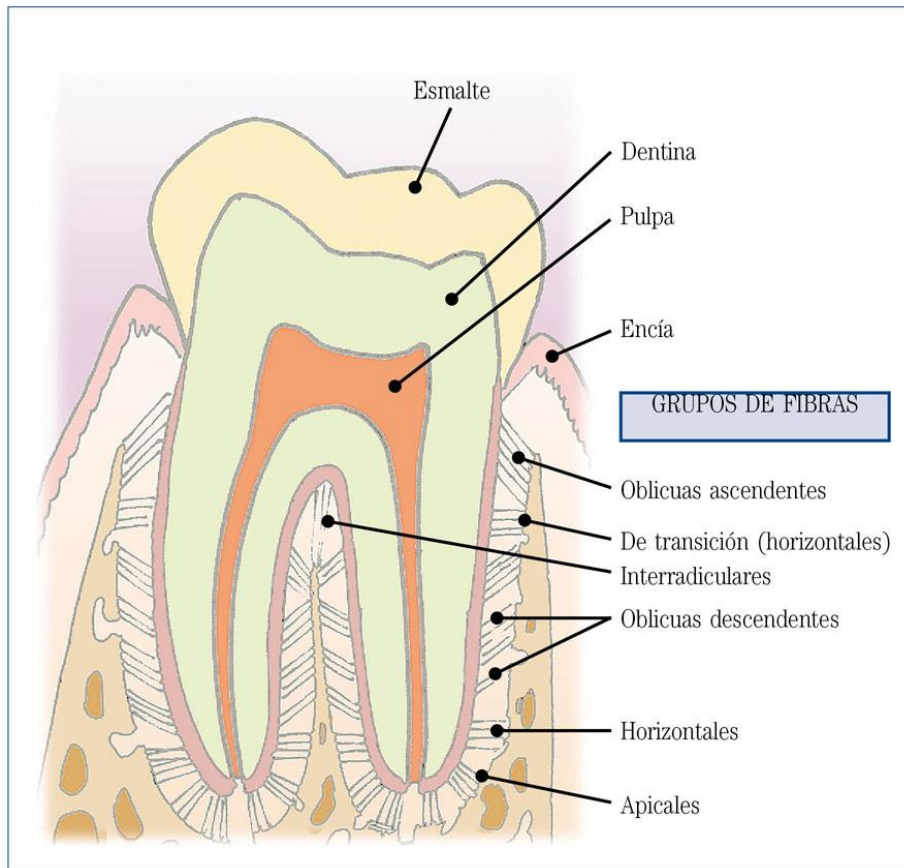


Figura 11. Haces de fibras del ligamento periodontal. (Gómez de Ferraris & Campos Muñoz, Periodoncio de inserción: cemento, ligamento periodontal y hueso alveolar, 2009).

La sustancia fundamental, que se distribuye de forma preferente junto al hueso alveolar, es esencial para el mantenimiento y la función normal del tejido conectivo y está vinculada al transporte de metabolitos, agua, nutrientes, etc.

2.3.3. Hueso alveolar

Las apófisis alveolares, denominadas también procesos alveolares y bordes alveolares, forman parte de los huesos maxilares superior e inferior; no existe un límite anatómico preciso entre la porción basal o cuerpo del maxilar y los procesos alveolares propiamente dichos.

Los procesos alveolares corresponden a las porciones de los huesos maxilares que rodean y contienen los receptáculos o alveolos dentarios.

Estructura

Los bordes alveolares siguen la curvatura de los respectivos arcos dentarios, formando las paredes de una serie de cavidades cónicas, abiertas por sus bases: los alveolos dentarios, que alojan las raíces de los dientes. Estos alveolos pueden ser cavidades simples o compuestas, con dos o tres tabiques internos, según los ocupen dientes uni, bi o trirradiculares.

En cada alveolo podemos distinguir dos tipos de paredes o bordes alveolares:

- Las tablas alveolares libres (vestibular, palatina o lingual), cada una de las cuales presenta una cara alveolar y otra libre, como puede observarse en un corte vestibulolingual como en la figura 12.
- Los tabiques alveolares, que pueden apreciarse en un corte mesiodistal. Cuando separan los alveolos de dos dientes vecinos se denominan tabiques interdientales; en cambio, si separan dos divertículos de un mismo alveolo, se les llama tabiques interradiculares.

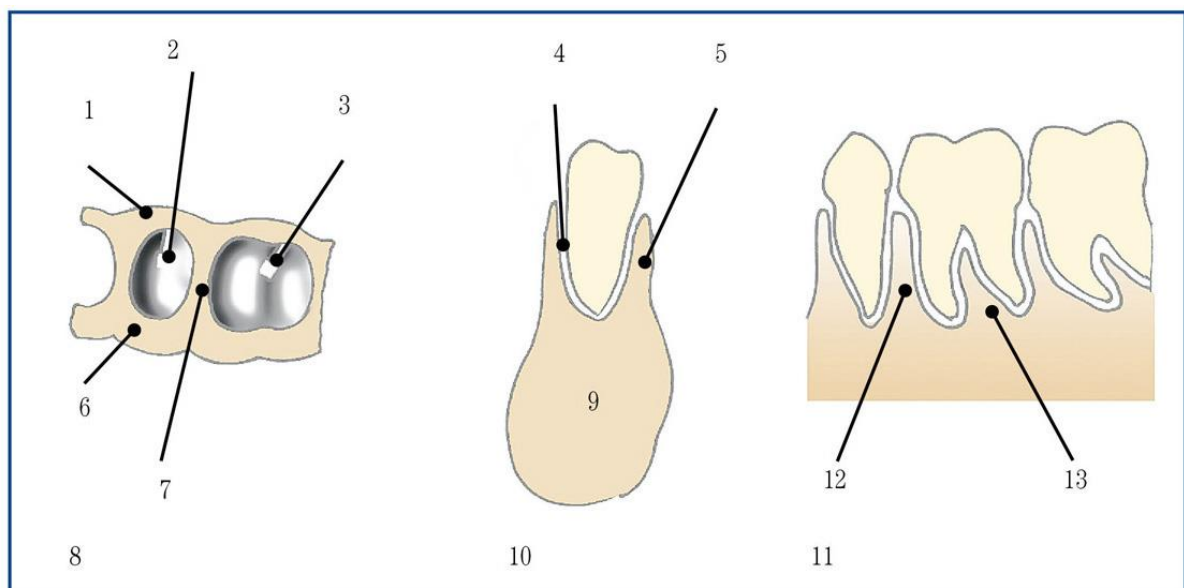


Figura 12. 8) Desde arriba. 10) Corte vestibulolingual. 11) Corte mesiodistal. 1 y 4) Tabla vestibular. 2) Alveolo. 3 y 13) Tabique interradicular. 5 y 6) Tabla lingual. 7 y 12) Tabique interdentario. 9) Hueso basal. (Gómez de Ferraris & Campos Muñoz, Periodoncio de inserción: cemento, ligamento periodontal y hueso alveolar, 2009).

Estructura histológica

El tejido óseo que forma las láminas compactas o corticales de los procesos alveolares tiene un doble origen: la capa más periférica de la compacta periodóntica es de origen periodóntico. La zona más interna, por su parte, es de origen medular. La compacta perióstica también está formada por una capa externa de origen perióstico y una más profunda de origen medular.

Esta lámina dura o compacta de origen periodóntico, está constituida por un tejido óseo laminar, cuyas laminillas corren paralelas a la superficie alveolar. Está atravesada por numerosos haces de fibras que proceden del ligamento periodontal, llamadas fibras de Sharpey. Debido a la abundancia de haces fibrilares, esta lámina ósea recibe también la denominación de hueso fasciculado.

Desde el punto de vista funcional, esta lámina dura o lámina cribosa de la compacta periodóntica se denomina hueso de inserción. A su vez, el resto del tejido óseo del borde alveolar, que corresponde a la compacta periodóntica de origen medular, a la porción esponjosa y a la compacta perióstica, se denomina hueso de sostén.

La compacta de origen perióstico representa la continuación de la cortical del hueso maxilar y tiene, por tanto, su misma estructura, función, relación y origen; está formada por tejido óseo laminar penetrado por una moderada cantidad de fibras del periostio.

El tejido óseo compacto de origen medular de ambas corticales presenta laminillas con una disposición más irregular.

El tejido óseo esponjoso o medular, es un tejido compuesto por trabéculas, espículas y espacios medulares.

Clasificación, perspectiva radiográfica

En función de la calidad ósea maxilar (Lekholm U., 1985), el hueso alveolar se puede clasificar en:

- Tipo I: Hueso compacto homogéneo con mala irrigación. Trabéculas óseas separadas por espacios medulares pequeños.
- Tipo II: Espesa capa de hueso compacto rodeando un núcleo de hueso trabecular denso. Capa cortical ancha alrededor de un núcleo trabecular denso.
- Tipo III: Fina cortical, núcleo esponjoso denso. Delgada capa de hueso cortical alrededor de un hueso denso trabecular de resistencia favorable.
- Tipo IV: Cortical delgada y núcleo esponjoso de baja densidad. Delgada capa de hueso cortical alrededor de un núcleo de hueso esponjoso de baja densidad.

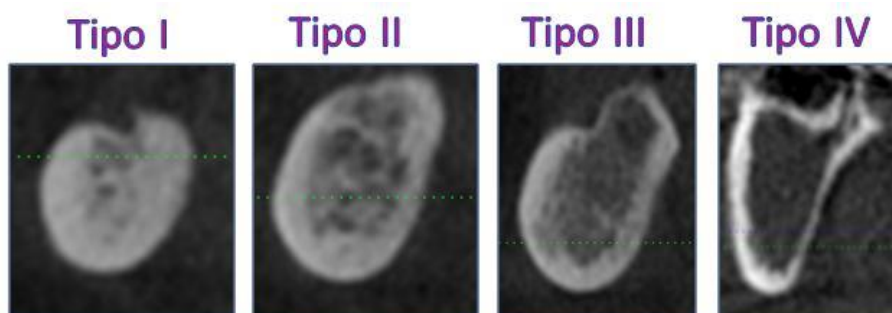


Figura 13. Clasificación hueso alveolar. (Lekholm U., 1985).

3. IMPLANTOLOGÍA

Estructura anatómica del diente y periodonto

El elemento dentario o diente se puede dividir anatómicamente en tres partes principales, tal y como se pudo observar en la Figura 1.

- Raíz del diente.
- Cuello del diente.
- Corona dental.

Tras la pérdida o extracción del diente, estas son las estructuras anatómicas que el implante dental deberá suplir, tanto su función anatómica, como funcional y estética

Como veremos a continuación, estas estructuras principales tendrán su equivalente artificial en el implante dental.

Estructura del implante dental completo

Como podemos observar en la figura 4, el implante dental se compone de:

- Implante, hace las funciones de la raíz dental.
- Pilar o *Abutment*, formando el cuello del diente, se atornilla/encaja en el implante.
- Corona, parte superficial que simula la corona dental biológica.

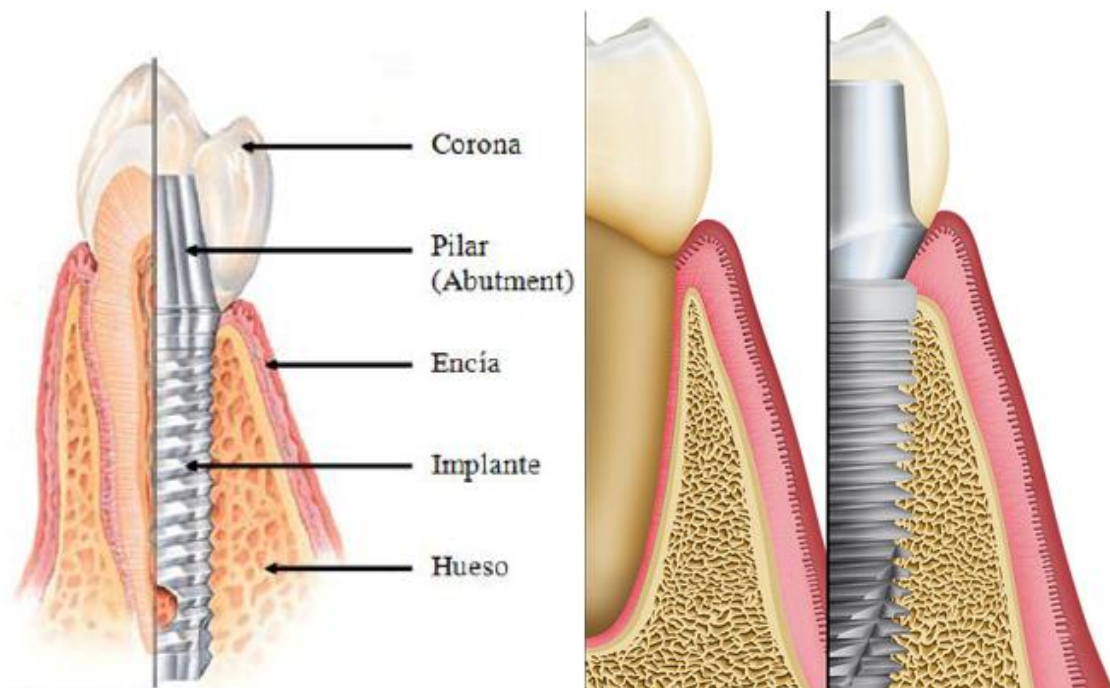


Figura 14. Diente - Restauración (Abai, 2013).

Composición del implante

Antes de pasar a hablar sobre la importancia de la composición del implante, debemos destacar dos conceptos muy importantes para que un implante dental tenga éxito en su implantación.

Estos conceptos son:

- Biocompatibilidad:
 - Biocompatibilidad a largo plazo en dispositivos implantables.
 - Biocompatibilidad a corto plazo en dispositivos implantables.
 - Biocompatibilidad de productos de ingeniería de tejidos.

La que nos atañe en los implantes dentales, se corresponde con la biocompatibilidad a largo plazo de dispositivos implantables, que se refiere a la habilidad del dispositivo para realizar su función prevista, con el grado deseado de incorporación en el huésped, sin provocar efectos locales o sistémicos no deseados en el paciente.

- Óseo-integración: es la formación de una interfaz entre el implante y el hueso, sin intervención del tejido blando. Aplicado a la implantología dental, esto se refiere al crecimiento de hueso justo en la superficie del implante sin la interposición del tejido blando. No existe tejido cicatrizante, cartílago o fibras ligamentosas entre el hueso y la superficie del implante. Como podemos ver en la imagen siguiente, el contacto entre el hueso y la superficie del implante es directo.

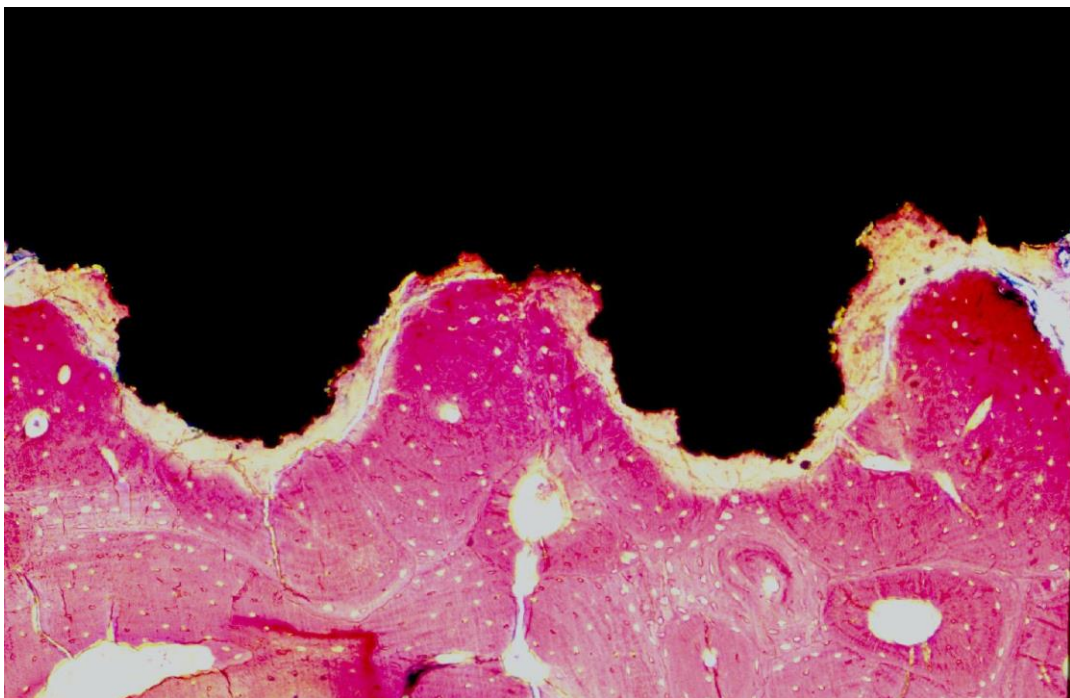


Figura 15. Óseo-integración. Implante: superior de la imagen, hueso alveolar: inferior. (Biomet 3i, 2010).

La composición del implante es crítica para la adsorción de proteínas y el establecimiento celular. Normalmente, los implantes dentales son de titanio puro o de diferentes aleaciones del mismo. La elección del material de nuestro implante, así como de los tratamientos y técnicas de implantación que se sigan, son de vital importancia para asegurar la biocompatibilidad del implante, así como su óseo-integración.

Una de las aleaciones más famosas es la Ti6Al4V, fue elegida por su dureza y su soporte de cargas y estrés mecánico. Además, la base de Titanio le proporciona un gran biocompatibilidad, pues el titanio tiene una característica inherente para óseo-integrarse al hueso. Además, al no ser ferromagnético, los pacientes con implantes de titanio pueden someterse sin problemas a pruebas de diagnóstico como la resonancia magnética o RMI.

Tratamientos del implante dental

Uno de los aspectos más importantes para asegurar el completo éxito y el mejor resultado de un implante dental, es el tratamiento superficial que se le aplique previamente a su implantación.

Existen dos tipos principales de tratamiento superficial para el implante:

- **Tratamientos físicos de la superficie del implante.** Numerosos estudios demuestran que la rugosidad en la superficie del implante favorece la óseo-integración, así como la fijación biomecánica del mismo. Así pues, uno de los métodos de tratamiento físico del implante consiste en introducir el implante en un arco de plasma de alta temperatura, con lo cual, se eliminan átomos de la superficie del implante, dejando en exposición el metal “vivo”.
- **Tratamientos químicos de la superficie del implante.**
 - Revestimiento con fosfato cálcico. Con este tratamiento, conseguimos el crecimiento de cristales parecidos al hueso en la superficie del implante a temperaturas fisiológicas normales. Con este tratamiento se favorece la óseo-integración.
 - Fármacos bioactivos. Se puede revestir el implante con fármacos que incrementan el crecimiento y el proceso de curación del hueso, así como otras que incrementan la densidad del hueso.
 - Tratamiento ácido. Con este tratamiento, sometemos al metal al ataque de una serie de componentes ácidos que lo que harán será conseguir una superficie porosa similar a la ósea, donde las células óseas se vayan depositando y de este modo facilitar la estructura y la óseo-integración del implante.

Morfología del implante dental

La geometría del implante se puede dividir en:

- **Recto o de paredes paralelas.** Implante universal para todo tipo de tratamientos cuando disponemos de suficiente volumen óseo. Son auto-roscantes por lo que se reduce el torque y se facilita la inserción.

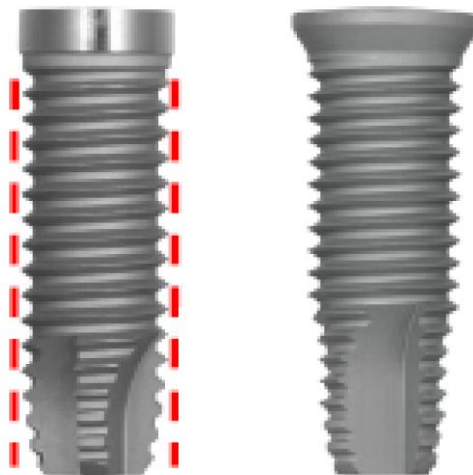


Figura 16. Implante recto. (Biomet 3i, 2009 - 2015).

- **Cónicos.** Estos son similares a la raíz natural del diente, se pueden colocar inmediatamente tras la extracción del diente a sustituir. Se utilizan cuando se pretende conservar el hueso y donde se necesiten implantes cortos o anchos.



Figura 17. Implante cónico. (Biomet 3i, 2009 - 2015).

El implante supone la base a la que irá conectado el pilar. Esta conexión puede ser de varios tipos, los más generales son:

- **Conexión hexagonal externa.** Sobresale del implante en forma de hexágono.



Figura 18. Conexión externa. (Biomet 3i, 2009 - 2015).

- **Conexión hexagonal interna.** El implante, que es hueco por dentro, tiene en su parte superior forma hexagonal.

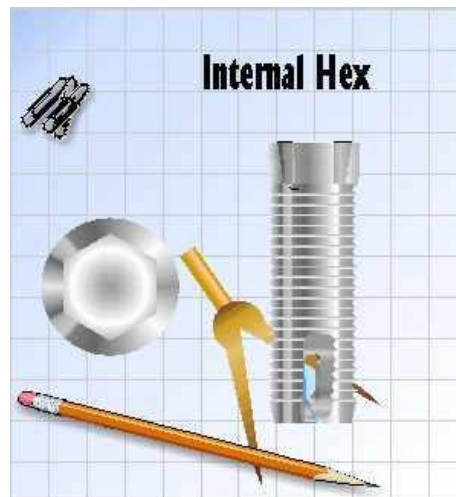


Figura 19. Conexión interna. (Biomet 3i, 2009 - 2015).

La elección de una conexión u otra, depende en mayor medida, de la decisión del implantólogo, que debe basarse en las características del paciente y del lugar, posición, orientación y cantidad de hueso maxilar que se dispone para la implantación.

Pilares

Los pilares son la estructura interna del diente artificial. Esta pieza se asienta sobre el implante y ha de soportar una gran variedad de fuerzas producidas por la masticación principalmente. Los pilares, redirigen estas fuerzas biomecánicas, a través del implante, hacia el hueso profundo. Es por esto, que la fijación con el implante es de vital importancia.

La clasificación de los pilares se estructura en:

- Pilares de cicatrización:
 - Estos pilares se utilizan para modelar los tejidos blandos (encía) para la posterior colocación del pilar protésico.



Figura 20. Pilar de cicatrización. (Biomet 3i, 2009 - 2015).

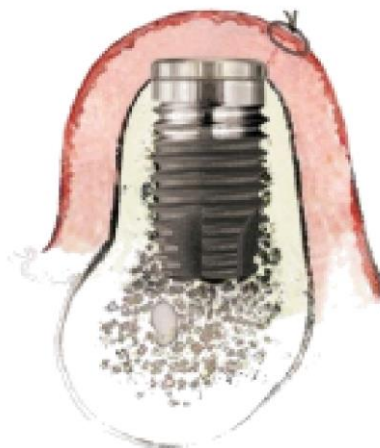


Figura 21. Recubrimiento del implante con el tejido blando. (Biomet 3i, 2010).

- Pilar definitivo:
 - Este será el pilar final que se encargará de:
 - Estabilizar el tejido blando.
 - Prevenir la recesión del tejido blando.
 - Transferir el estrés mecánico del diente al hueso.



Figura 22. Diferentes tipos de pilares. (Biomet 3i, 2009 - 2015).

Corona cerámica

Por último tenemos la parte más estética del implante dental. La corona. Se trata de una funda artificial que pretende simular la forma y estructura del diente al que sustituye. Esta funda ha de estar perfectamente encajada en el pilar.

Existe una gran variedad de materiales para fabricar las coronas dentales. Entre los más populares podemos encontrar los siguientes:

- Porcelanas feldespáticas:
 - Utilizadas por su gran parecido a la apariencia natural del diente.



Figura 23. Porcelana. (Biomet 3i, 2009 - 2015).

- Sistemas de leucita:
 - Utilizados a menudo para modificar el coeficiente de expansión termal.



Figura 24. Sistemas de leucita. (Biomet 3i, 2009 - 2015).

- Cristal cerámico moldeable:
 - Utilizan varias formas de mica para fortalecer el cristal.



Figura 25. Cristal cerámico. (Biomet 3i, 2009 - 2015).

4. INVESTIGACIONES DE REFERENCIA

Una vez introducidos los conceptos básicos a nivel anatómico y funcional del campo de investigación en el que se centra este trabajo, se introducirán más con detalle aquellos conceptos en los que se ha profundizado a lo largo del desarrollo de este estudio.

Se describirán los conocimientos adquiridos gracias a la revisión bibliográfica que imprescindiblemente se ha tenido que realizar para poder entender, comprender y posteriormente, desarrollar la parte más práctica de este trabajo. En ella, se presentará uno de los conceptos clave de este trabajo, el biotipo gingival. Se

describirán sus características de mayor importancia y se abordarán algunas de las investigaciones que se han realizado al respecto. Se abordará también la influencia de las particularidades del complejo dentogingival en los tratamientos de implantología dental, desde la fase de inicio de la planificación del tratamiento, hasta su posterior ejecución. Para finalizar esta sección, se profundizará en los métodos más generales y utilizados actualmente en cirugía implantológica y en dispositivos o técnicas para la determinación y caracterización de la unión dentogingival.

4.1. La unión dentogingival

En el estudio de Gargiulo, realizaron mediciones del complejo dentogingival en 287 dientes individuales procedentes de 30 especímenes para autopsia. Gracias a su trabajo, establecieron la existencia de una relación proporcional entre la cresta alveolar, la unión del tejido conectivo, el epitelio de unión y la profundidad del surco. Establecieron las medidas medias siguientes: una profundidad del surco de 0.69 mm, una unión epitelial de 0.97 mm y una media de unión del tejido conectivo de 1.07 mm.

En la figura 3, se pueden observar las medidas realizadas por Gargiulo. Hizo una división de los especímenes acorde a las fases de la erupción pasiva.

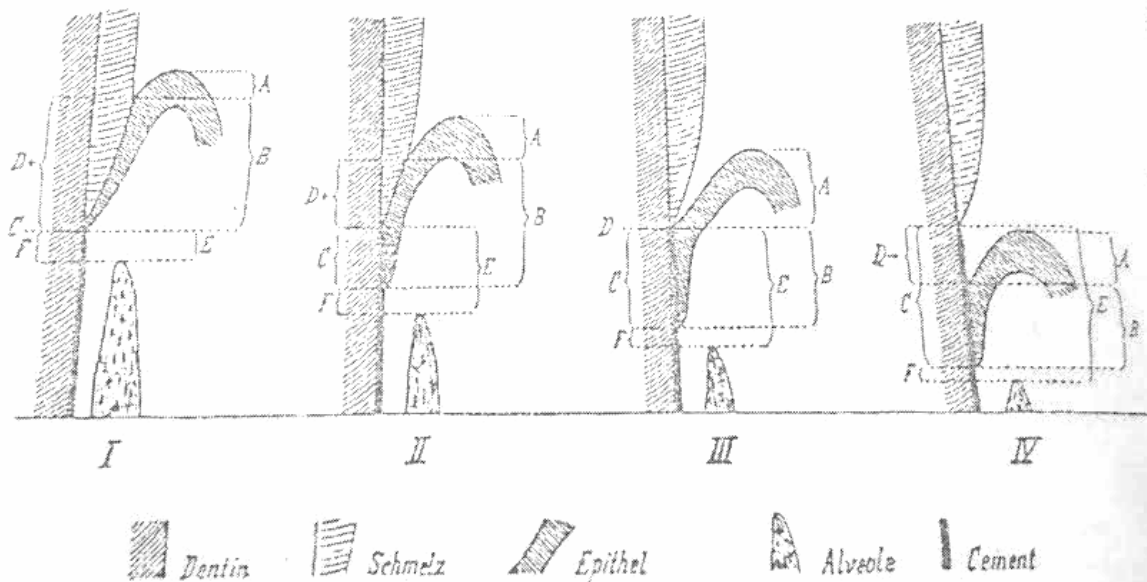


Figura 26. Medidas de Gargiulo siendo A: profundidad del surco gingival; B: longitud del epitelio de unión; C: punto más apical del epitelio de unión desde la unión amelo-cementaria; D: distancia desde la base del surco hasta la unión amelo-cementaria; E: distancia desde la unión amelo-cementaria hasta el hueso alveolar; F: distancia desde el punto más apical del epitelio de unión hasta el hueso alveolar (tejido conectivo). Los números del I al IV indican las fases de erupción pasiva en función de la localización gingival. (Gargiulo, Wentz, & Orban, 1961).

Ya en 1994, Vacek y colaboradores en su estudio “*The Dimensions of the Human Dentogingival Junction*” (Vacek, Gher, Assad, Richardson, & Giambarresi, 1994), siguió los pasos de Gargiulo y se registraron, también de muestras procedentes de necropsias, las medidas del surco gingival, el epitelio de unión, el tejido conectivo adherido y la pérdida de inserción, que se corresponde con la distancia desde la unión amelocementaria hasta la zona más coronal del tejido conectivo insertado.

A continuación se detallan y comparan los resultados obtenidos por Gargiulo y Vacek:

Medidas	Gargiulo y cols, (mm)	Vacek y cols, (mm)
Surco gingival	0.69 (0.0 - 5.3)	1.32 (0.2 - 6.0)
Adherencia epitelial	0.97 (0.08 - 3.7)	1.14 (0.3 - 3.2)
Inserción conectiva	1.07 (0.0 - 6.5)	0.77 (0.2 - 1.8)

Tabla 1: Resultados mediciones Gargiulo - Vacek.

Se puede observar en la Tabla 1, como se obtuvieron resultados similares en cuanto a surco y epitelio de unión, pero muy diferentes en cuanto a la inserción conectiva. Esto pudo ser debido a muchas causas, desde los criterios selección de las muestras (Gargiulo descartó las muestras con alguna patología periodontal), edades de las muestras, las técnicas de análisis histológico utilizadas por unos y otros, etc.

Basándose en el trabajo de Gargiulo, el grosor biológico es comúnmente establecido por ser de aproximadamente 2.04 mm de media, el cual representa la suma de las medidas de los tejidos epitelial y conectivo (medidas B y F en el trabajo de Gargiulo y colaboradores).

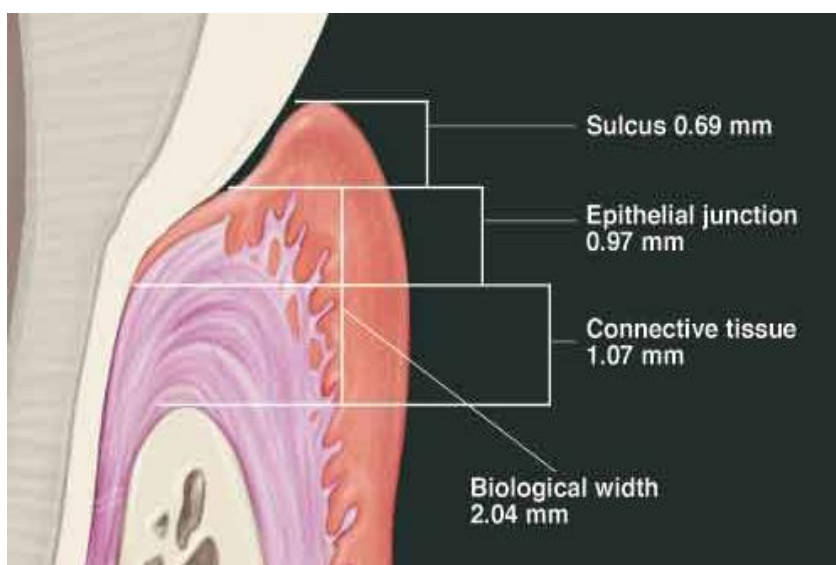


Figura 27. Grosor biológico, esencial para la preservación de la salud periodontal. (Biomet 3i, 2010).

Teniendo en cuenta ambos los estudios de ambos, Gargiulo y Vacek, el espacio biológico osciló entre los 0.75 y 4.33 mm, por lo que se considera que no existe una dimensión ideal en términos generales, ya que la variación entre individuos e incluso, entre dientes, es muy elevada, siendo por ejemplo el espacio biológico significativamente mayor en los dientes posteriores que en los anteriores.

Este espacio es sumamente importante debido a las consecuencias que se derivan de cualquier tipo de invasión de dicho espacio (ya sea por intervenciones, infecciones, etc.), ya que, pueden inducir una retracción gingival, pérdida ósea, hiperplasia gingival, fracaso de la técnica de restauración, etc.

En los estudios realizados por J. C. Kois (Kois J. C., 1996), este propuso categorizar el grosor biológico basándose en la dimensión total de adhesión y la profundidad del surco, seguido de las medidas óseas. Así, se distribuyeron en:

- Cresta normal
- Cresta alta
- Cresta baja

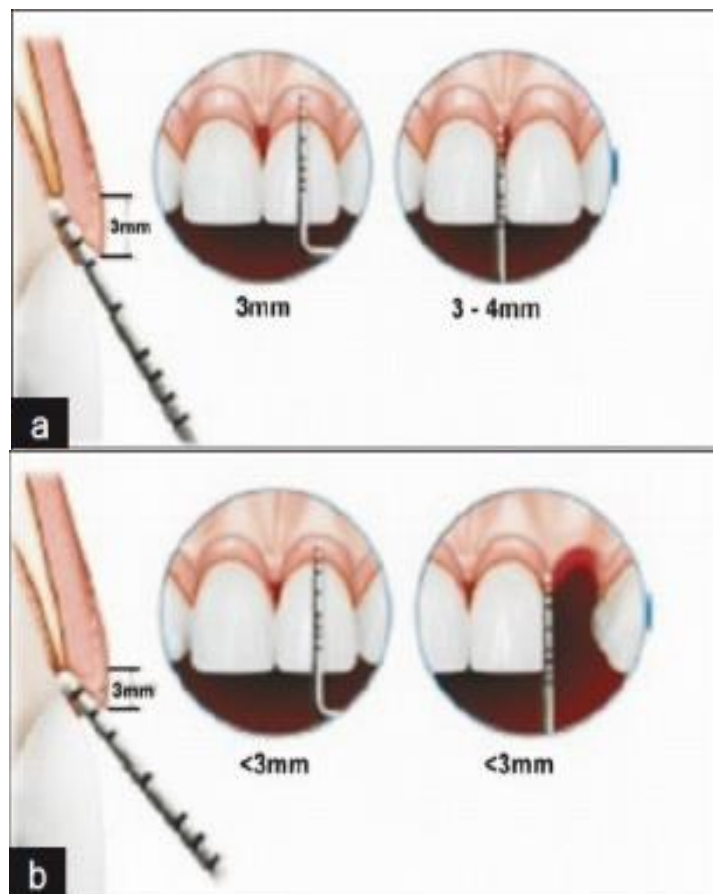


Figura 28. A) Cresta normal mostrando grosor biológico en labial e interproximal. B) Cresta alta mostrando grosor biológico en labial e interproximal. (Nugala, Kumar, Sahitya, & Krishna, 2012).

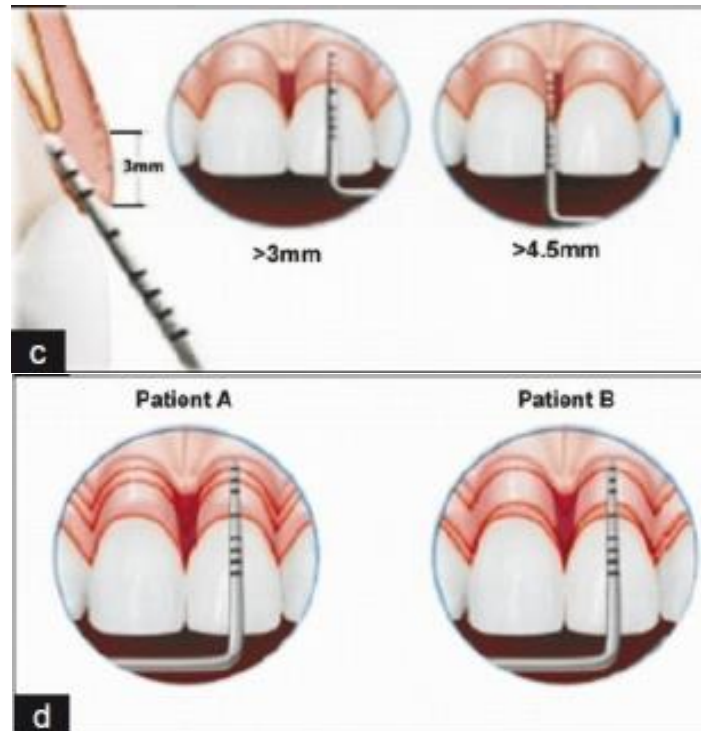


Figura 29. C) Cresta baja mostrando grosor biológico en labial e interproximal. D) Paciente A, cresta baja inestable. Paciente B, cresta baja estable. (Nugala, Kumar, Sahitya, & Krishna, 2012).

4.2. El biotipo periodontal

Es igualmente importante valorar el periodonto en su dimensión longitudinal, como fue el caso de los estudios de Gargiulo, Vacek y otros, como en su dimensión transversal, esto es, la anchura gingival.

Ya en 1969, Ochsenbein y Ross indicaron que existían dos tipos principales de anatomía gingival, estos eran la encía plana y la altamente festoneada.

En su estudio, se asoció cada tipo de encía a una forma determinada del diente, siendo el diente de forma más cuadrada asociado a la encía plana y el diente tipo cónico a la festoneada. Además, propusieron que la encía trataba de imitar el mismo contorno que el hueso alveolar subyacente.

Posteriormente, Seibert y Lindhe, aplicaron el término biotipo periodontal, al clasificar la encía como fina-festoneada o gruesa-plana. El tejido gingival grueso es asociado con una amplia zona de tejido queratinizado y el contorno plano de la encía, sugiere una arquitectura ósea más gruesa y resistente a la inflamación o trauma. Por otra parte, el tejido fino, es asociado a una banda fina de tejido queratinizado, con un contorno de encía festoneado que sugiere una arquitectura ósea más fina y sensible a la inflamación y trauma.

Gracias a un gran número de estudios llevados a cabo, se ha confirmado que los incisivos centrales con una forma de corona dentaria estrecha tienen más riesgo de recesión gingival, que aquellos con una forma más cuadrada y ancha.

A modo de resumen, en la tabla 2 quedan detalladas las características asociadas a cada biotipo.

Características de los biotipos gingivales fino y grueso	
Biotipo periodontal fino	Biotipo periodontal grueso
Zona estrecha de tejido queratinizado	Gran cantidad de tejido queratinizado
Grosor gingival <1.5 mm, ancho 3.5-5 mm	Grosor gingival ≥ 2.0 mm, ancho 5-6 mm
Festoneado pronunciado de la encía y la arquitectura ósea	Encía y arquitectura ósea plana
Papilas más largas	Papilas más cortas
Dehiscencia y fenestraciones habituales en el hueso fino subyacente	Encía insertada gruesa
Tabla ósea vestibular delgada	Tabla ósea vestibular gruesa
Punto de contacto ubicado en la unión del tercio medio con el coronario	Punto de contacto ubicado en el tercio medio
Dientes triangulares	Dientes cuadrados
Mayor profundidad del surco	Menor profundidad del surco
Recesión gingival tras enfermedad	Zonas de contacto más anchas apicalmente

Tabla 2. Comparativa de biotipos.

En las figuras 30, 31 y 32, se pueden observar los dos biotipos en estado de salud. Nótese cómo tras insertar la sonda periodontal en el surco gingival, en el caso del biotipo grueso, esta sonda queda totalmente oculta tras el tejido. Sin embargo, en biotipo fino, esta sonda es parcialmente visible a través del tejido. Más adelante, hablaremos sobre este método y otros existentes para determinar el biotipo gingival.



Figura 30. Sonda periodontal oculta tras encía de biotipo grueso. (Abai, 2013).



Figura 31. Sonda periodontal visible a través de la encía de biotipo fino. (Abai, 2013).



Figura 32. Forma de los dientes según el biotipo fino frente a grueso. (Delgado Pichel, Inarejos Montesinos, & Herrero Climent, 2001).

4.2.1. Biotipo e implantología

4.2.1.1. Relevancia clínica del biotipo

El biotipo del tejido es un factor significativo que tiene una gran influencia en el resultado estético de los tratamientos.

Los datos recopilados por numerosos estudios sugieren que estos dos tipos de biotipo responden de maneras diferentes a la inflamación, al trauma y a las agresiones quirúrgicas. Las tablas o placas óseas asociadas a cada tipo, también responden de forma diferente.

Dado que los tejidos óseos y gingivales son diferentes para cada biotipo, como hemos comentado con anterioridad, estas diferencias tienen una gran influencia a la hora de preparar la localización de implantación del implante, así como la planificación del tratamiento. La estabilidad de la cresta ósea y el tejido blando, es directamente proporcional al grosor de la arquitectura ósea y gingival.

Desde una perspectiva del resultado estético en los tratamientos, el porcentaje de éxito de los implantes inmediatos en los dientes anteriores es mayor en pacientes con biotipo grueso. Por otro lado, los pacientes con biotipo fino, suelen padecer recesión gingival tras la intervención restaurativa.

El biotipo grueso, muestra una estabilidad mayor durante el remodelado, comparado con el biotipo fino. Según algunos estudios, la gran estabilidad y sustentación del biotipo grueso viene dado por la presencia de la lámina ósea adyacente a la placa cortical externa, que provee la base para el soporte metabólico del hueso cortical. En el biotipo fino, donde la lámina ósea es escasa o inexistente, el hueso cortical está sujeto a una rápida reabsorción.

El grosor del tejido óseo y gingival influye directamente en la estabilidad de la cresta ósea y del tejido blando, es por esto que las intervenciones quirúrgicas en el periodonto, son más predecibles con biotipo grueso que fino. Además, existen indicios que indican que un biotipo grueso puede propiciar el riego sanguíneo colateral a la estructura ósea subyacente, mientras que el fino, puede ponerlo en peligro.

El biotipo grueso facilita la manipulación del tejido, manteniendo la vascularidad y propiciando la recuperación después de una cirugía. Además, son más resistentes a la recesión de la mucosa gingival y a la irritación mecánica y son capaces de crear una barrera para proteger los márgenes restaurativos.

Por todo esto, en muchas ocasiones, es necesario hacer una transformación del biotipo de fino a grueso para asegurar el éxito del tratamiento a todos los niveles. Los métodos y mecanismos para realizar este tipo de transformaciones, quedan fuera del alcance de este trabajo.

4.2.1.2. Técnicas de caracterización del biotipo periodontal

A continuación, se analizarán con detalle las técnicas más utilizadas para caracterizar el biotipo periodontal y determinar las características más importantes de dicho complejo en pacientes. Entre estos métodos, encontraremos desde técnicas meramente visuales, que se basan en la experiencia del profesional sanitario, hasta otras más sofisticadas que requieren la utilización de dispositivos de imagen médica avanzada y personal formado capaz de manejarlos apropiadamente.

Evaluación Visual: En la práctica clínica, un profesional con larga experiencia, puede ser capaz de evaluar visualmente el biotipo gingival, ateniéndose a las características que se corresponden con cada tipo y que se han descrito a lo largo de este trabajo. No obstante, no se trata de un método muy fiable, ya que no se puede asegurar el grado de espesor gingival.

Método TRAN: La habilidad del tejido gingival de cubrir el color del material subyacente, es imprescindible para asegurar el éxito estético del tratamiento. Usando una sonda metálica periodontal, introduciéndose a través del surco, se puede evaluar el espesor del tejido gingival según el grado de transparencia del mismo. Es mínimamente invasivo y se puede utilizar de forma rutinaria.

Uso de calibres o pie de rey modificado: Este método sólo puede ser utilizado durante la cirugía, por lo que no puede utilizarse para evaluar la planificación del tratamiento. En un estudio realizado por Kan y cols sobre el biotipo gingival, comparó diferentes métodos de caracterización (visual, sonda periodontal y un calibre). Los autores concluyeron que existía una diferencia significativa, estadísticamente hablando, entre la precisión de los resultados visuales en comparación con los del calibre, pero sin embargo, no la había entre el calibre y la sonda periodontal. Demostrando que la sonda periodontal es una forma fiable de evaluar el espesor gingival.

Ultrasonidos: Kydd y cols, en 1971, midieron el grosor de la mucosa palatina utilizando un dispositivo de ultrasonidos. Se trata de dispositivos nada invasivos y que ofrecen una excelente validez y confiabilidad. Sin embargo, estos dispositivos parece no estar comercialmente disponibles y además, era difícil determinar la posición correcta para medir.

Tomografía computarizada de haz cónico (Cone Beam Computed Tomography, CBCT): Este tipo de escáneres se han estado utilizando mucho para caracterizar el tejido óseo, por su habilidad diagnóstica superior. Las

medidas obtenidas por esta técnica, suelen ser más objetivas que las medidas directas. El espesor del hueso alveolar alrededor del diente está asociado generalmente al tipo de biotipo. El hueso espeso se corresponde normalmente a un biotipo grueso. En un estudio del 2008 publicado por Januário y cols, consiguieron caracterizar el tejido blando también gracias a un retractor labial e indicando al paciente que retuviera la lengua en la base bucal para no interferir con la radiografía, se obtuvieron unas imágenes de una calidad mucho mayor a la hora de poder diferenciar el tejido blando de la unión dentogingival.

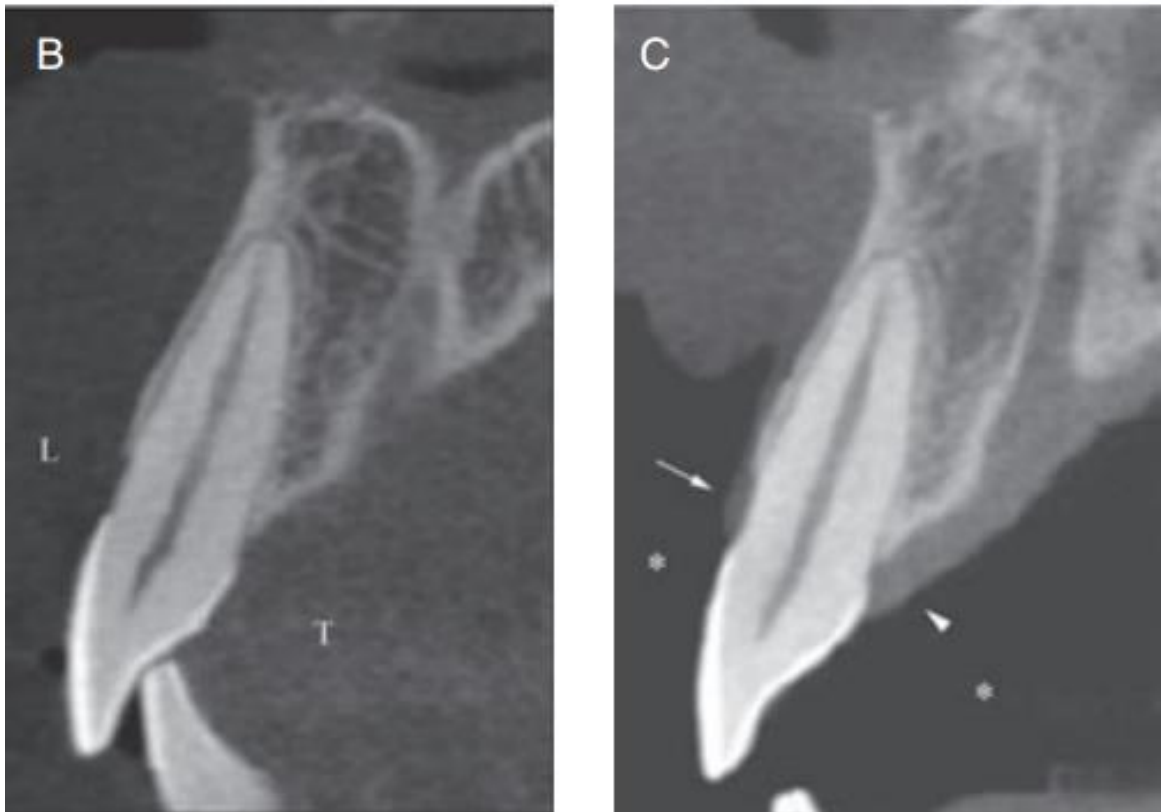


Figura 33. B, CBCT normal. C, ST-CBCT (Januário, Barriviera, & Rodrigues Duarte, 2008).

Radiografía de perfil paralelo (PPRx): La propuesta de Alpiste-Illueca, estaba basada en la utilización de radiografías PPRx para la caracterización de la unión dentogingival. (Alpiste Illueca, 2009).

4.2.1.3. Factores determinantes del éxito en implantología

En la actualidad, la terapia implantológica no puede ser juzgada únicamente sobre si el implante se ha óseo-integrado correctamente, si no que se deben tener en cuenta otros factores, que no sólo afectan a nivel estético, sino también funcional. La idea es crear una restauración dental que sea prácticamente indiferenciable de una línea dental natural.

La mucosa peri-implantaria y periodontal, junto con la papila interproximal deben mantener la misma forma peculiar y color originales del paciente. Existen

múltiples variables que influyen en el éxito o no de la recuperación estética tras el tratamiento restaurativo. Los tejido peri-implantarios están directa o indirectamente afectados por cinco grandes grupos determinantes. Estos son:

- Determinantes quirúrgicos.
- Determinantes prostéticos.
- Geometría del implante.
- Determinantes sistémicos.
- Determinantes locales.

En la Figura 34 podemos ver los determinantes incluidos en cada grupo a modo de resumen.

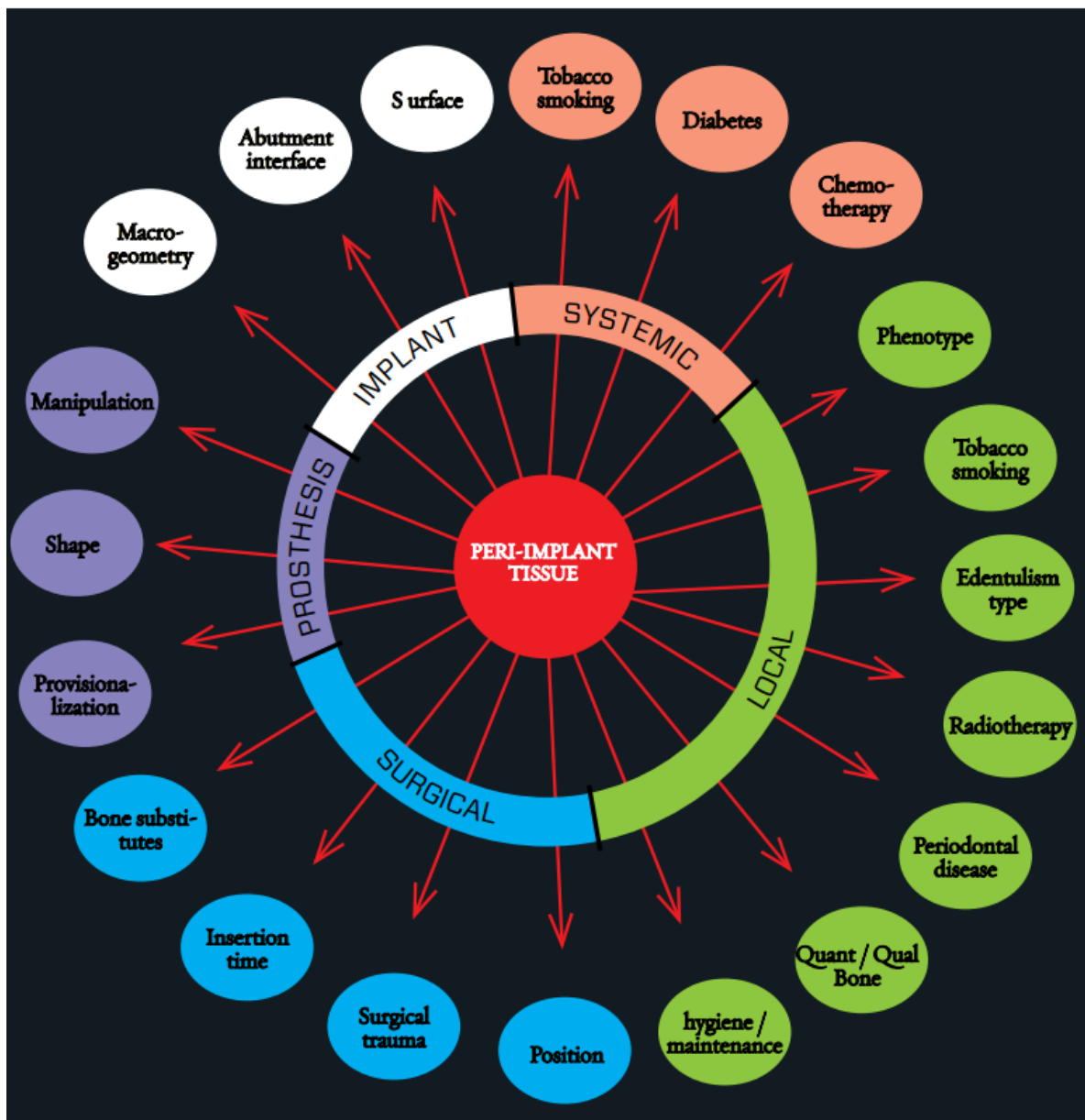


Figura 34. Determinantes del éxito estético. (Seba Abraham, K.T. Deepak, R. Ambili, C. Preeja, & V. Archana, 2014)

No obstante, a pesar de que estos factores son claramente determinantes, en los últimos años se han publicado numerosos estudios con el propósito de establecer la posibilidad de que existan otros factores todavía más importantes, o incluso críticos. Bajo este concepto, en el trabajo de J. C. Kois, “*Predictable Single-Tooth Peri-Implant Esthetics*” (Kois, 2004), se definen cinco claves diagnósticas para asegurar un éxito seguro en los resultados estéticos del tejido peri-implantario.

Estas claves son:

- Posición relativa del diente original.
- Forma del periodonto.
- Biotipo periodontal.
- Forma del diente.
- Posición de la cresta ósea.

En la figura 35, podemos ver a modo de resumen las características de cada clave que favorecen o dificultan el éxito estético del tratamiento.

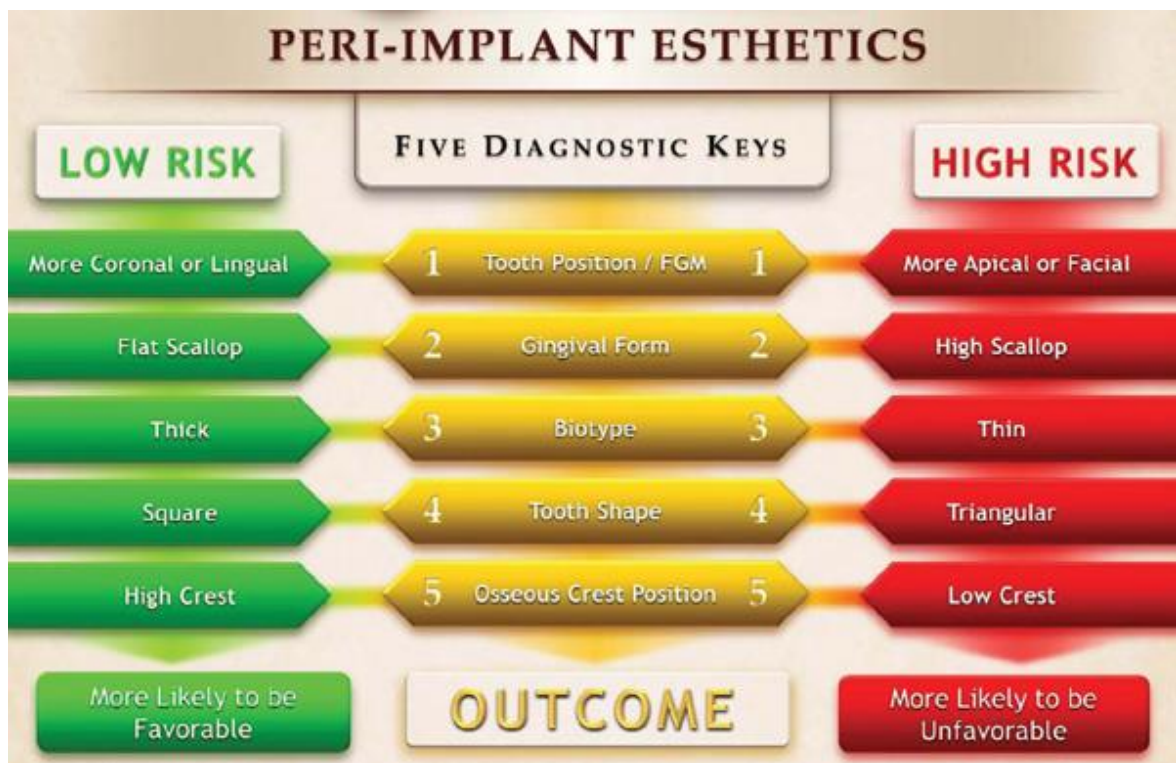


Figura 35. Cinco claves diagnósticas de Kois.

<http://www.glidewell dental.com/images/dentist/inclusive/volume 1-2/articles/predictable/table.jpg>.

En este trabajo, se ha profundizado en la importancia de la caracterización de la unidad dentogingival, con las características clave de grosor biológico y biotipo periodontal. Tal y como se ha podido demostrar en los estudios citados durante este texto, estas características juegan un papel muy importante en el tratamiento implantológico.

4.2.1.4. Factores implantológicos que propician la salud del tejido blando

Cada individuo posee unas características fisiológicas diferentes, por lo que se hace crítico poder mejorar la calidad del tejido blando antes de someterse a un tratamiento restaurativo. Esto se consigue en ocasiones con la transformación de un biotipo fino a uno grueso mediante diferentes técnicas de ingeniería tisular (más actuales), implante de tejido gingival de otra zona bucal, etc.

No obstante, desde una perspectiva implantológica, también se puede favorecer la mejora del tejido periodontal.

A nivel del propio implante, como hemos visto en las claves de Kois, una colocación óptima es fundamental para favorecer, tanto la óseo-integración como para evitar la recesión gingival, además de mejorar el aspecto estético.

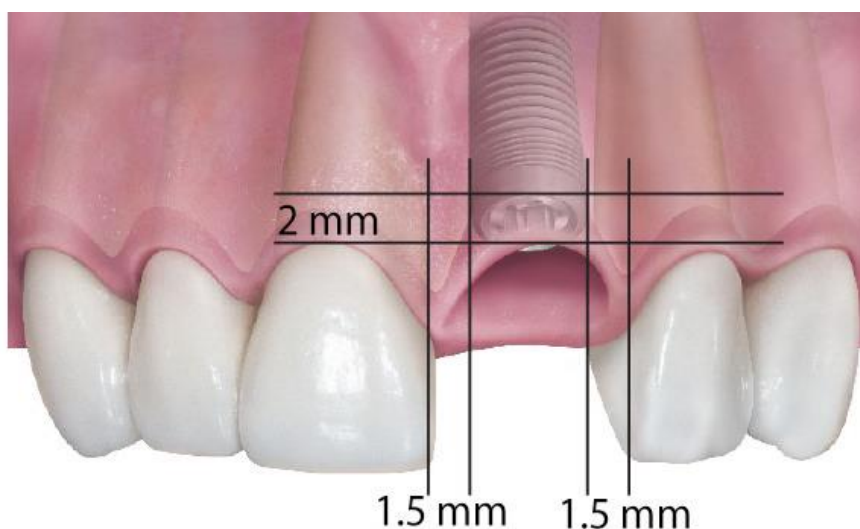


Figura 36. Un tamaño y posición adecuadas del implante ayudan a mantener el grosor biológico (Abai, 2013).

Sin embargo, el componente que se encuentra más en contacto con el tejido blando, es el pilar. Es por esto, que juega un papel clave a la hora de favorecer o no, el éxito del tratamiento a nivel gingival.

A fin de mantener tanto tejido blando como óseo alrededor del pilar, el aspecto transmucosal del diseño de la conexión del mismo debe ser estrecho y cóncavo para espesar e inmovilizar el tejido alrededor de la conexión implante-pilar. Esto induce a un espesamiento del tejido conectivo e incrementa la interfaz entre el pilar y el tejido blando.

Por debajo de la restauración, el *abutment* debe proporcionar un espacio máximo al tejido blando y evitar una geometría acampanada. Su perfil de emergencia debe ser negativo para evitar la compresión en el tejido blando y propiciar el mayor espesor y estabilidad a este último, además de un mayor espacio para el grosor biológico. Este tejido resultante de la arquitectura prostética comentada, mejora el biotipo periodontal y crea una ganancia vertical a nivel de la mucosa peri-implantaria en un 70% de los casos.

Para evitar las múltiples conexiones y desconexiones de los componentes prostéticos y/o pilares, se tiende a conectar el pilar definitivo durante la cirugía, sobre todo en pacientes de biotipo fino. Así, se evitan las agresiones continuadas al tejido blando que pueden provocar una recesión del mismo.

Para esto, el modelado guiado por ordenador de estos pilares se ha convertido en una técnica muy importante y de especial utilidad, ya que permite preparar el pilar previamente a la cirugía y diseñar su geometría acorde al paciente y a la posición del implante. Tomando una muestra bucal en escayola o resina, se puede planificar un tratamiento restaurativo completo único y específico para cada paciente acorde a las indicaciones del profesional.

Por otra parte, el uso de biomateriales como el titanio, aluminio, u óxidos de zirconio, favorecen la adhesión del epitelio de unión, los hemidesmosomas, y el tejido conectivo. Existen en el mercado algunos tratamientos del pilar, como el nitrurado de titanio que, sin perder la biocompatibilidad del material, otorgan un color dorado al mismo, favoreciendo el resultado estético.

En la conexión implante-*abutment*, donde se puede encontrar un micro-espacio en la unión, se puede producir una intrusión bacteriana (lo cual puede producir una inflamación y una pérdida de hueso marginal), es imprescindible minimizar dicha presencia bacteriana dentro y alrededor de la unión implante-*abutment*. La idea en este caso, es diseñar una conexión que cree un espacio interno estanco donde no pueda filtrarse una colonia bacteriana y producir una inflamación. Una de las técnicas que ayudan a paliar este problema, es la técnica conocida como “*platform switching*” o cambio de plataforma.

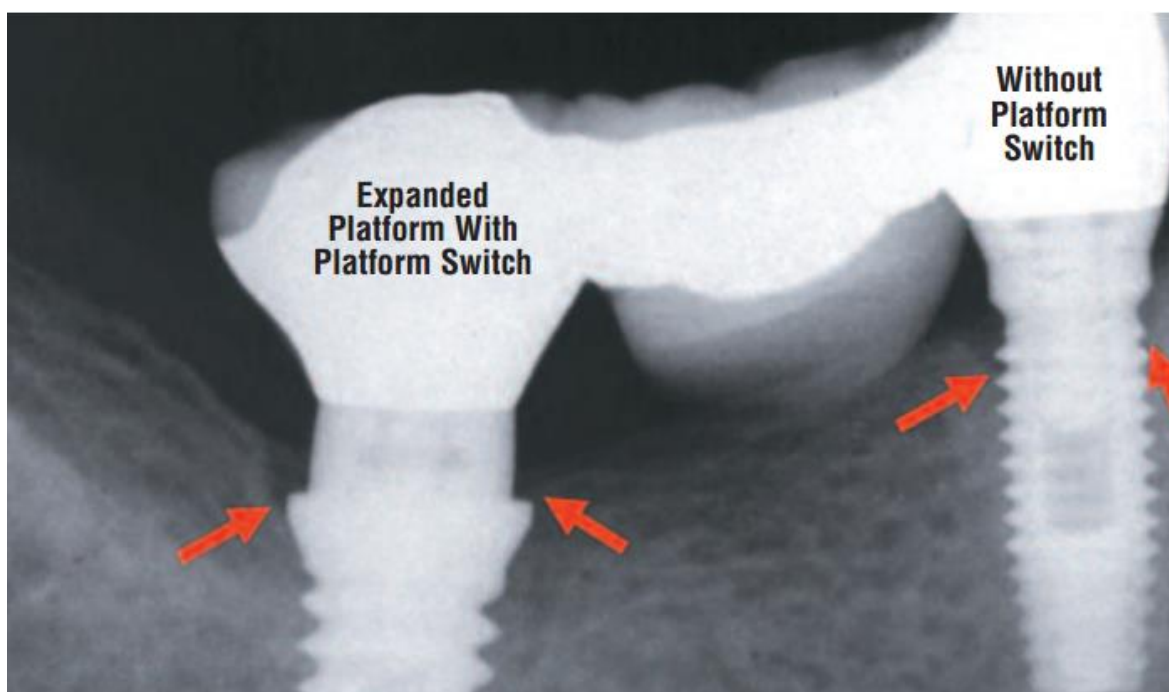


Figura 37. Comparativa de reabsorción ósea en restauración con cambio de plataforma y sin cambio (Biomet 3i, 2010).

Esta técnica consiste en utilizar componentes restaurativos de un diámetro inferior al de la plataforma del implante, de esta forma permite la formación de espacio biológico en el resto de la plataforma del implante. El contorno base del *abutment*, en comparación con la plataforma del implante, permite el cambio del espacio biológico vertical, en espacio biológico con componente horizontal y vertical, manteniendo la misma dimensión total biológica. El hueso, localizado más lejos de la conexión del *abutment* con el implante, no se reabsorbe como de normal por la regeneración del espacio biológico.

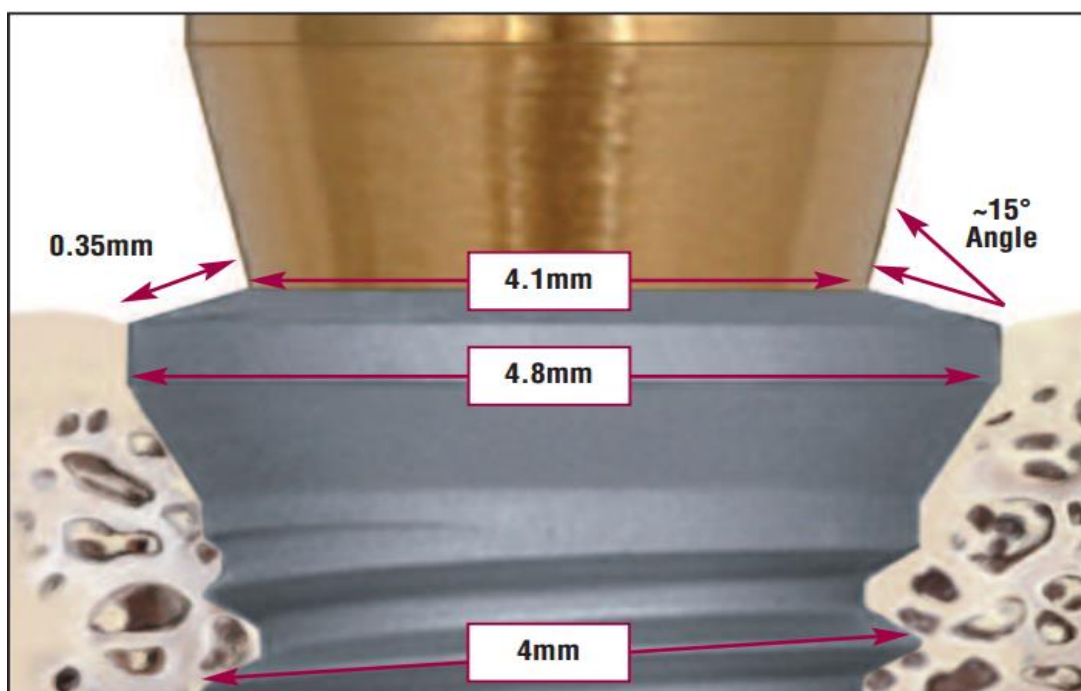


Figura 38. Detalle del cambio de plataforma. Las células inflamatorias que pueden provocar la reabsorción ósea se infiltran lejos del hueso (Biomet 3i, 2010).

La inmovilización total del pilar previene cualquier micromovimiento que pueda producir una reabsorción ósea y mantiene el componente horizontal del grosor biológico. Esto, hace más espeso el tejido conectivo y asegura un mejor aislamiento de este micro-espacio de unión implante-pilar. Así, esta técnica mejora potencialmente la preservación de la cresta ósea, disminuye la cantidad de hueso cervical peri-implantario reabsorbido, y estabiliza el nivel de tejido blando.

Otro de los inconvenientes que puede ser paliado con el uso del implante y *abutment* adecuado, es el trauma oclusal. La presión excesiva puede causar una deformación en el hueso alrededor del implante, lo que puede producir una fractura del hueso y una reabsorción del mismo en un ambiente aséptico. La respuesta biológica del hueso a la tensión mecánica alrededor de los implantes es similar, sólo la zona de mayor presión concentrada cambia. Estudios demuestran que el uso de diseños de implantes cónicos disminuyen el estrés mecánico sufrido por el hueso y permite una distribución de fuerzas a lo largo del cuerpo del implante, minimizando indirectamente la reabsorción ósea.

5. CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA DE LA UNIÓN DENTOGINGIVAL

Esta sección, se corresponde con la descripción del trabajo de investigación realizado. Aquí, se comentarán los pasos seguidos desde el inicio del trabajo, con la obtención de las muestras biológicas, hasta la realización de la caracterización de cada muestra tomada utilizando dos técnicas de imagen diferentes, rayos X y microscopía óptica.

Este trabajo consistió en realizar medidas a nivel longitudinal y transversal de la unidad dentogingival con el fin de comprobar la correlación existente entre ambas dimensiones.

También, se intentará corroborar los resultados obtenidos por Stein y cols en su estudio "*The gingival biotype: measurement of soft and hard tissue dimensions - a radiographic morphometric study*" y comparar las medidas obtenidas también, con el estudio de Gargiulo y cols, que se ha ido comentando a lo largo de este trabajo.

5.1. Selección de las muestras

Se seleccionaron 7 donantes procedentes de necropsias gracias a la colaboración del *Departament d'Anatomia de la Facultat de Medicina i Odontologia de la Universitat de València*. Se escogieron en función del estado de conservación de los tejidos y unidades dentales a fin de obtener unos resultados medianamente significativos en comparación con el uso de sujetos vivos, como fue el caso de Stein.

Gracias a la ayuda del personal al cargo de la sala de disecciones, se obtuvieron 7 secciones de la arcada superior de cada donante. En la tabla 3, quedan plasmada las piezas que se obtuvieron de cada sujeto de pruebas.

Caso	Pieza A	Pieza B	Pieza C	Pieza D
1	lateral	canino	primer PM	
2	central	lateral	canino	
3	central	lateral		
4	central	lateral	canino	
5	central	lateral	canino	
6	central	lateral		
7	central	central	lateral	canino

Tabla 3. Muestras obtenidas.

A continuación, se presentan las imágenes obtenidas para cada caso. Se obtuvo un total de 20 piezas dentarias, sumando las piezas de cada paciente.

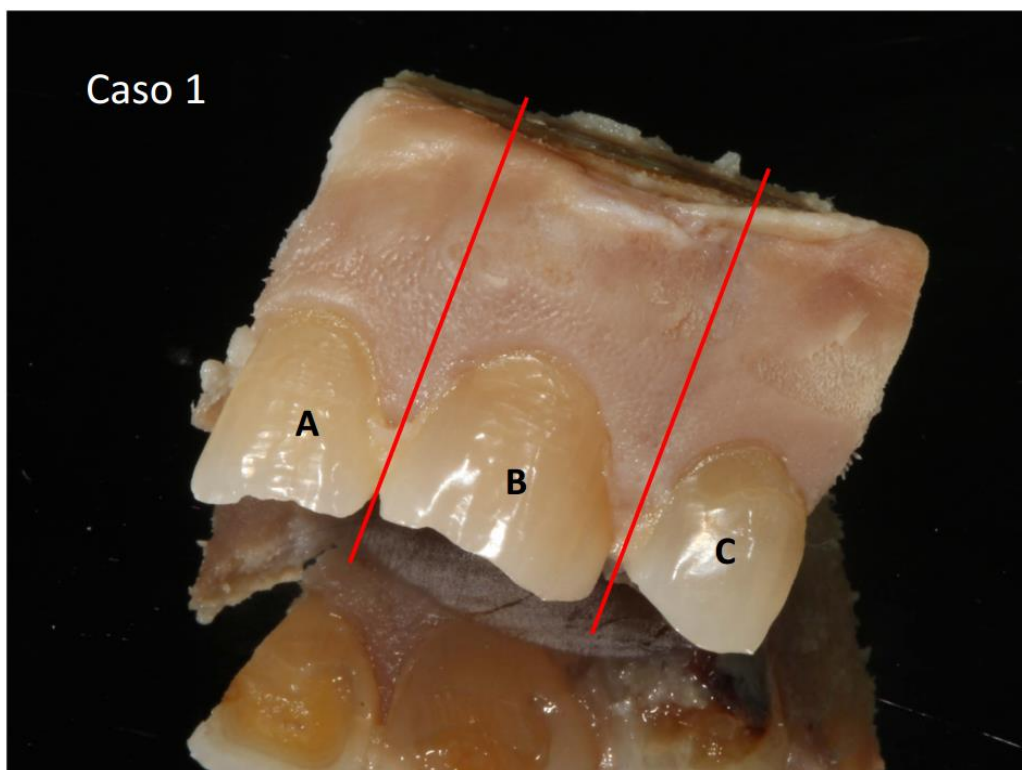


Figura 39. A: lateral, B: canino, C: premolar.

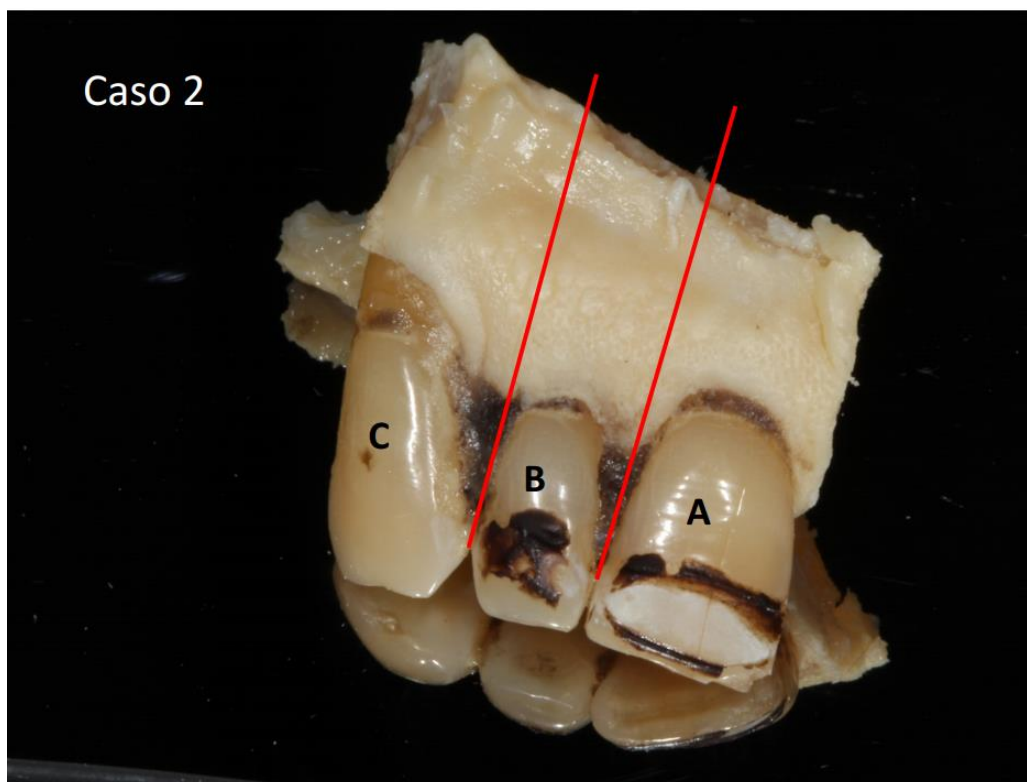


Figura 40. A: central, B: lateral, C: canino.

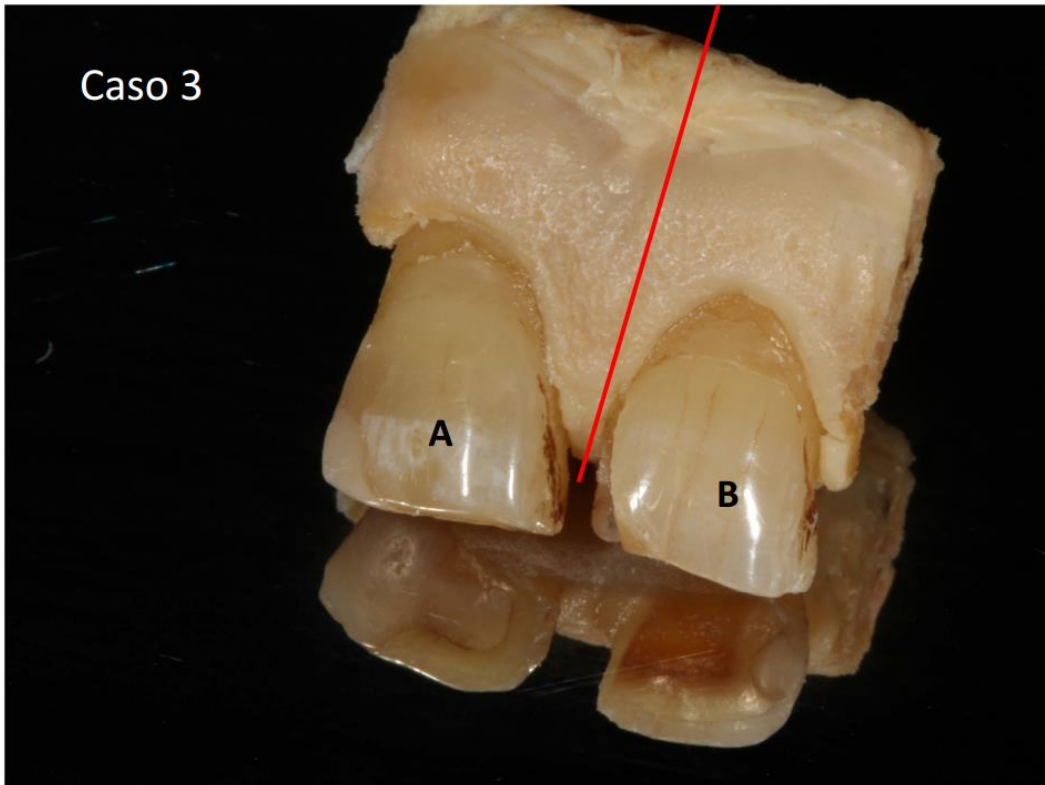


Figura 41. A: central, B: lateral.

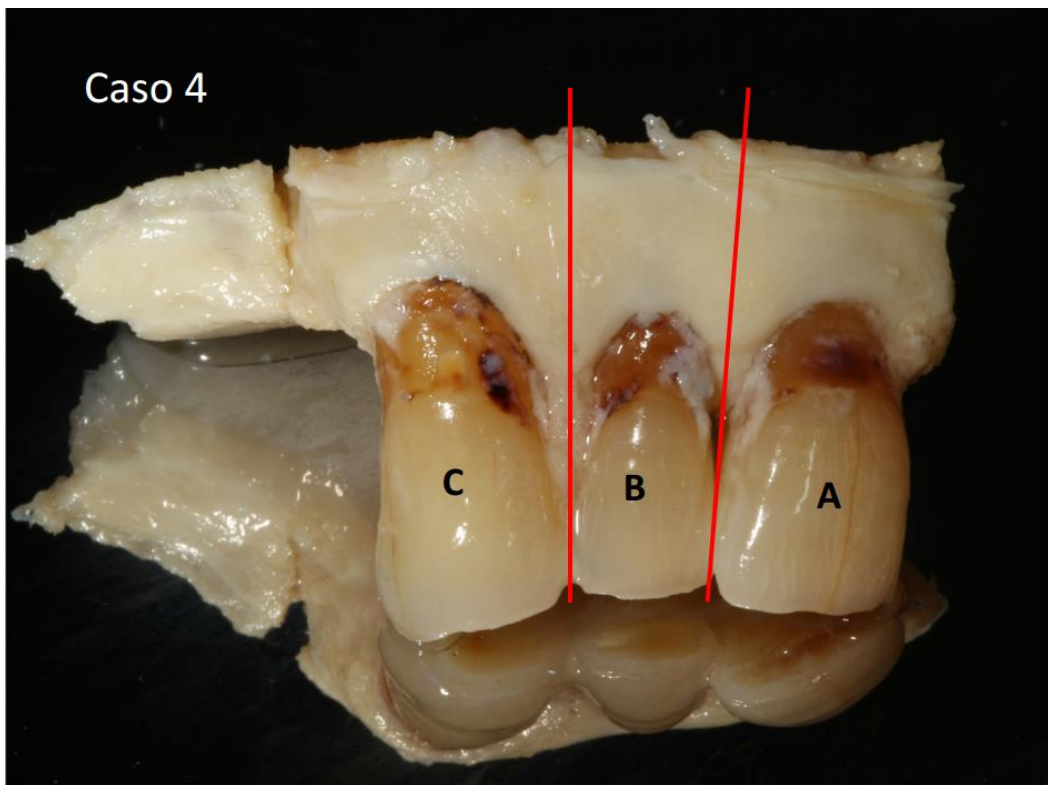


Figura 42. A: central, B: lateral, C: canino.

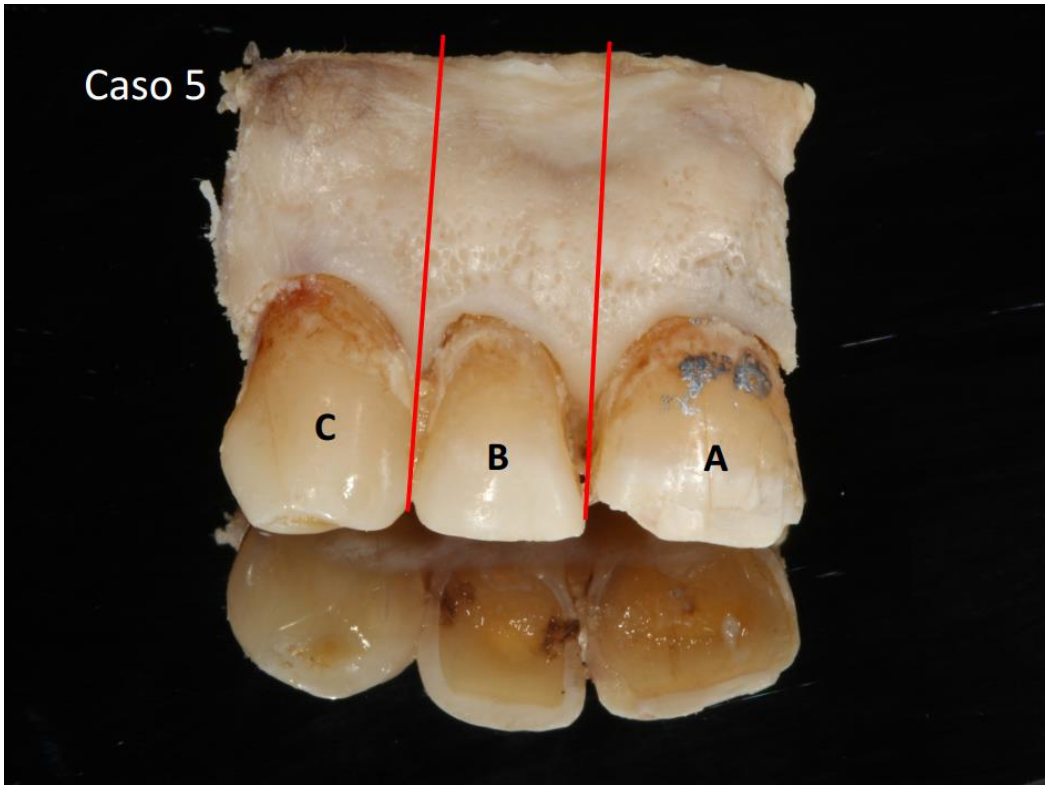


Figura 43. A: central, B: lateral, C: canino.

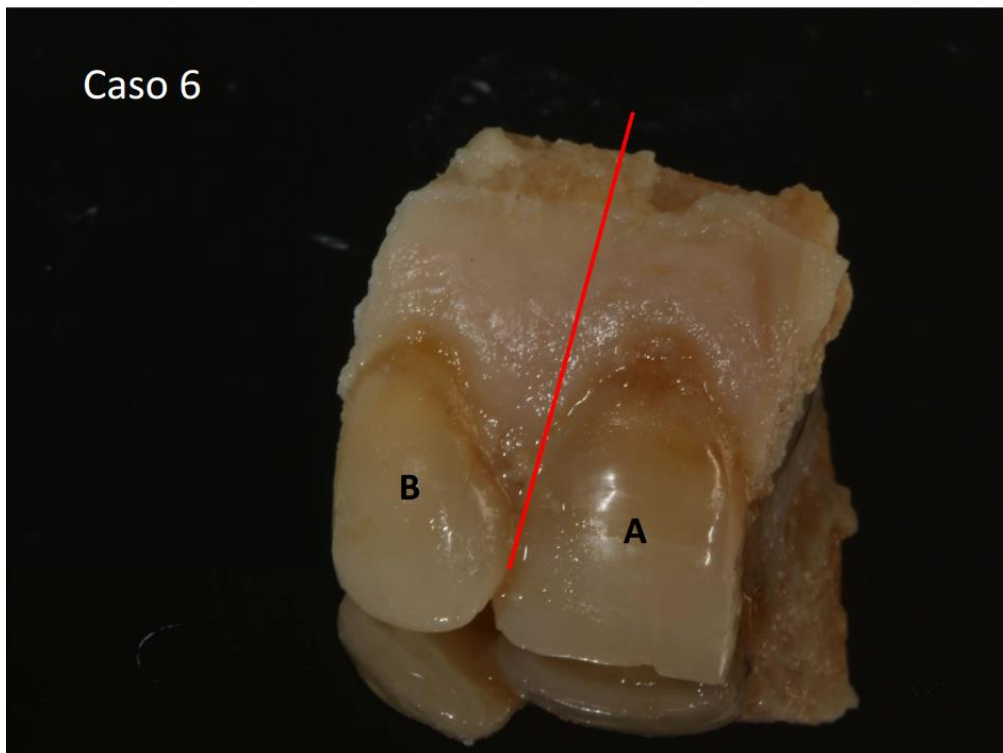


Figura 44. A: central, B: lateral.

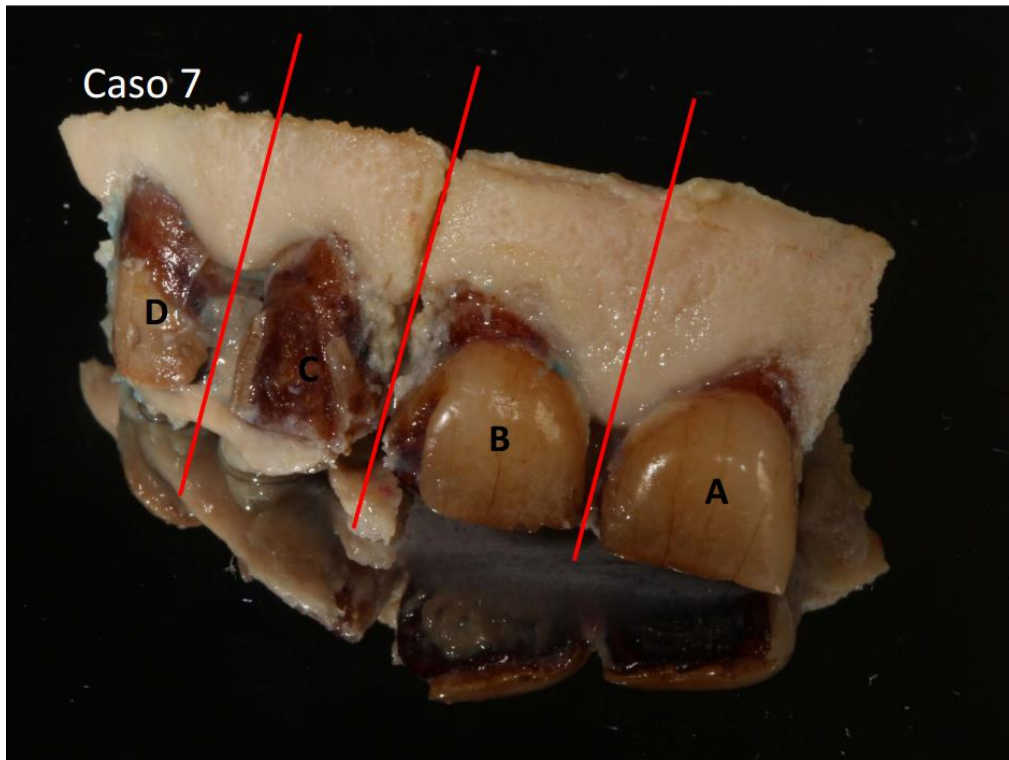


Figura 45. A: central, B: central, C: lateral, D: canino.

Tras la extracción de las muestras, estas se conservaron hasta separar cada pieza individualmente en formol al 10%, tamponado a pH neutro.

Separación de cada pieza dental

Primero, se prepararon botes de 20 mL de propileno con tapa de rosca y rotulados según el número de caso y la pieza que iban a albergar en su interior. Como se ve en las imágenes de las muestras, estas se separaron realizando un corte siguiendo la línea roja que separa cada pieza. Para realizar esta tarea, se tuvo que trabajar dentro de la campana extractora, con gafas y mascarilla de seguridad, se siguieron los siguientes pasos por parte del Profesor Javier Martín de Llano:

- Se utilizó una Dremel con un disco de corte estándar
- Se realiza primero el corte del tejido blando en su parte palatina y vestibular, de este modo se evita que se pueda separar del hueso al llegar a cortar el mismo. Tras llegar al nivel del hueso, se profundiza con el corte hasta separar la muestra del resto de la arcada.
- El proceso, a pesar de requerir bastante experiencia y precisión, se pudo realizar en poco más de una hora.
- Cada muestra se introdujo en uno de los botes previamente rotulados en la misma solución de formol al 10% para conservarla.
- El profesor, detecta que al realizar los cortes, la encía marginal se separa mínimamente de la pieza dental, no obstante, no se atribuye al corte sino al estado de conservación de las muestras.

5.2. Estudio radiológico

Con las muestras separadas individualmente, se procede a iniciar el estudio radiológico. En este caso, se contó con la colaboración de la clínica odontológica de la Facultad y del personal sanitario que trabaja allí.

Preparación

El objetivo era realizar una radiografía de cada pieza dental siguiendo la misma metodología que los estudios realizados por Alpiste-Illueca. Para ello, se prepara una pequeña banda metálica de 6 mm de longitud, 1 mm de amplitud y 0.03 mm de espesor. Esta pieza, se colocó sobre la superficie de la encía, en el margen más coronal de la encía, alineado con el borde gingival en su posición media del diente. Se procuró seguir el axis vertical de la pieza dental para la colocación de la banda. Para poder facilitar la colocación, en algunos casos fue necesario el uso de cola de contacto. En la figura 36, se puede observar la colocación de la banda metálica sobre la pieza dental:



Figura 46. Colocación banda metálica en pieza dental.

Una vez preparada la muestra, se procedió a obtener una radiografía de todas y cada una de las muestras individuales de cada caso. Con la ayuda del personal sanitario de la clínica, se realizaron sendas radiografías desde una perspectiva lateral a la línea vertical del diente.



Figura 47. Cañón Rayos X.

Para evitar la magnificación de la imagen, cada muestra se colocó de forma totalmente paralela al cañón de Rx, con el uso de pequeñas cuñas, se fue adaptando la posición de cada muestra hasta alcanzar un paralelismo aceptable con el dispositivo. También fue importante que el perfil de la banda metálica quedase lo más perpendicular posible a la base del cañón de Rx, para que no interfiriera en el grosor gingival. Por suerte, la banda metálica no era muy gruesa, por lo que no supuso un gran inconveniente.

Tomando las medidas de seguridad apropiadas para el uso de Rx, se fueron obteniendo las radiografías digitalmente gracias al dispositivo de revelado digital que cuentan en la clínica. Este dispositivo, revelaba la radiografía, la digitalizaba mediante un software específico de uso de la clínica y creaba una imagen en formato DICOM. Contar con este formato, fue de gran ayuda ya que en el mismo, se almacenaban los datos relativos a las proporciones píxeles/mm, lo cual sería de vital relevancia en la fase de medición.

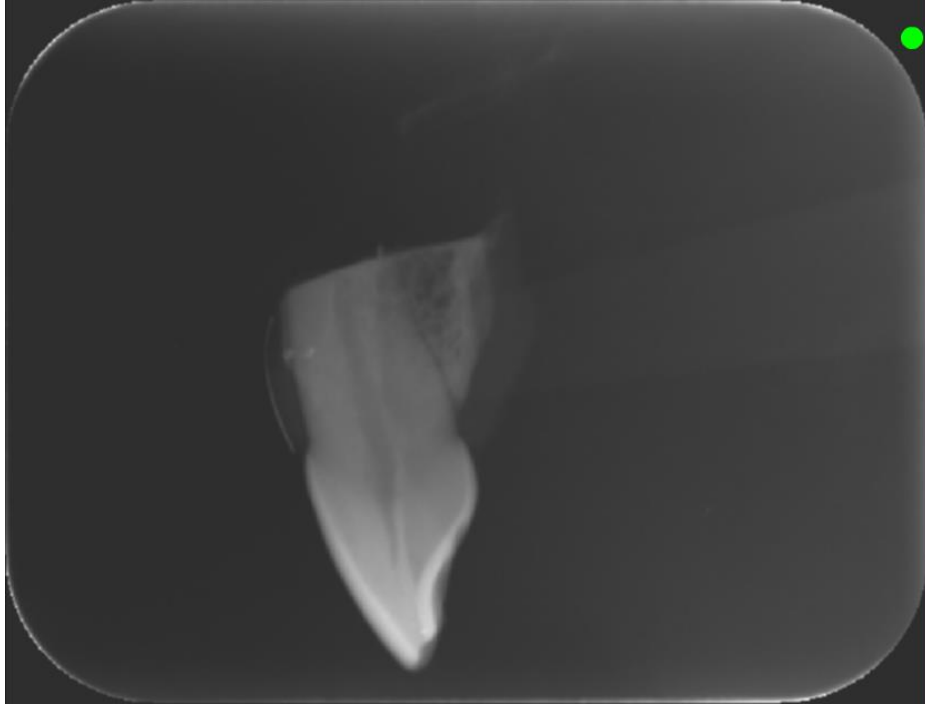


Figura 48. Radiografía tomada de pieza dental. Se puede observar la banda metálica colocada sobre el margen de la encía bucal.

Medición

Tras obtener una radiografía de cada pieza dental en la que se pudiera observar con facilidad las diferentes partes anatómicas que se iban a medir, así como el límite del tejido blando marcado por la banda metálica, se procedió a la fase de medición de las imágenes. Se tuvo que descartar la muestra 7D por su estado de conservación.

Para el análisis de las radiografías, se utilizó el software *RadiAnt DICOM Viewer*. Se trata de una aplicación gratuita para el procesado y análisis de imagen médica en formato DICOM.

Se tomaron las siguientes medidas:

- Grosor de la encía libre: distancia entre la superficie del esmalte hasta la cara palatina de la banda metálica, en el margen coronal (G1) y en la base de la encía libre (G2).
- Grosor de la encía en la unión supracrestal: distancia entre la superficie de la raíz y la cara palatina de la banda metálica medida desde la unión amelocementaria (G3), el punto medio entre la unión amelocementaria y la cresta ósea (G4), y justo por encima de la cresta ósea (G5).
- Grosor de la encía fija: distancia entre el margen bucal de la cresta ósea y la cara palatina de la banda metálica (G6).
- Grosor de la placa del hueso alveolar: distancia entre la superficie bucal y el lado palatino medido al nivel de la cresta ósea de la lámina dura (A1), en el borde entre el punto coronal y medio (A2) y entre la mitad y el tercio apical de la raíz (A3).

Gracias a que las imágenes DICOM contaban con el muestreo espacial en píxeles, las mediciones estaban totalmente calibradas. No obstante, se comprobó midiendo la longitud total de la banda metálica (6 mm) para asegurarse de ello. Según el equipo de desarrollo, esta es la prueba de que nuestras imágenes estaban calibradas, en su manual, podemos ver esta imagen:

Calibration of measurements

Depending on the source of the calibration data, the label with a measurement will be displayed in different colors:

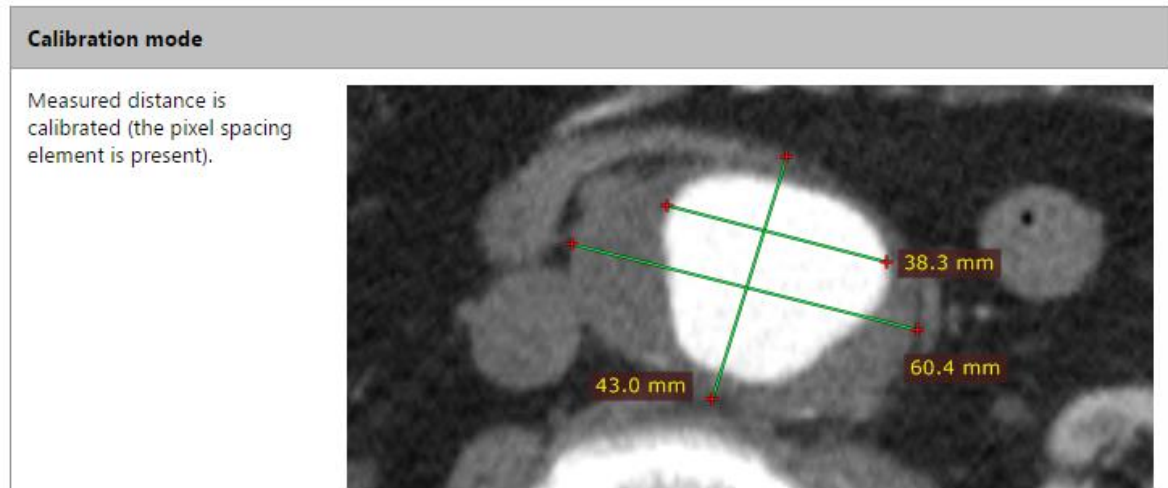


Figura 49. Según el manual del software, si el dato sobre la medida aparece en el software en fondo marrón y los números en amarillo, significa que las imágenes DICOM contienen el elemento de espaciado en píxeles, lo cual permite que las medidas estén calibradas.

En la figura 50, podemos ver una muestra de las medidas tomadas. Por desgracia, no fue posible tomar todas las mediciones en cada muestra, dado que en algunas de ellas, los puntos anatómicos marcados para realizar las mediciones no coincidían correctamente con los puntos seleccionados para medir, por lo que, para no contaminar los resultados con mediciones incorrectas, dichas medidas no se tomaron.

En las medidas se tomó como punto de referencia el axis vertical de la pieza dental, buscando la perpendicularidad de la misma y siendo paralelas entre ellas para unificar el criterio y las dimensiones de las medidas y que fueran comparables entre las diferentes muestras.

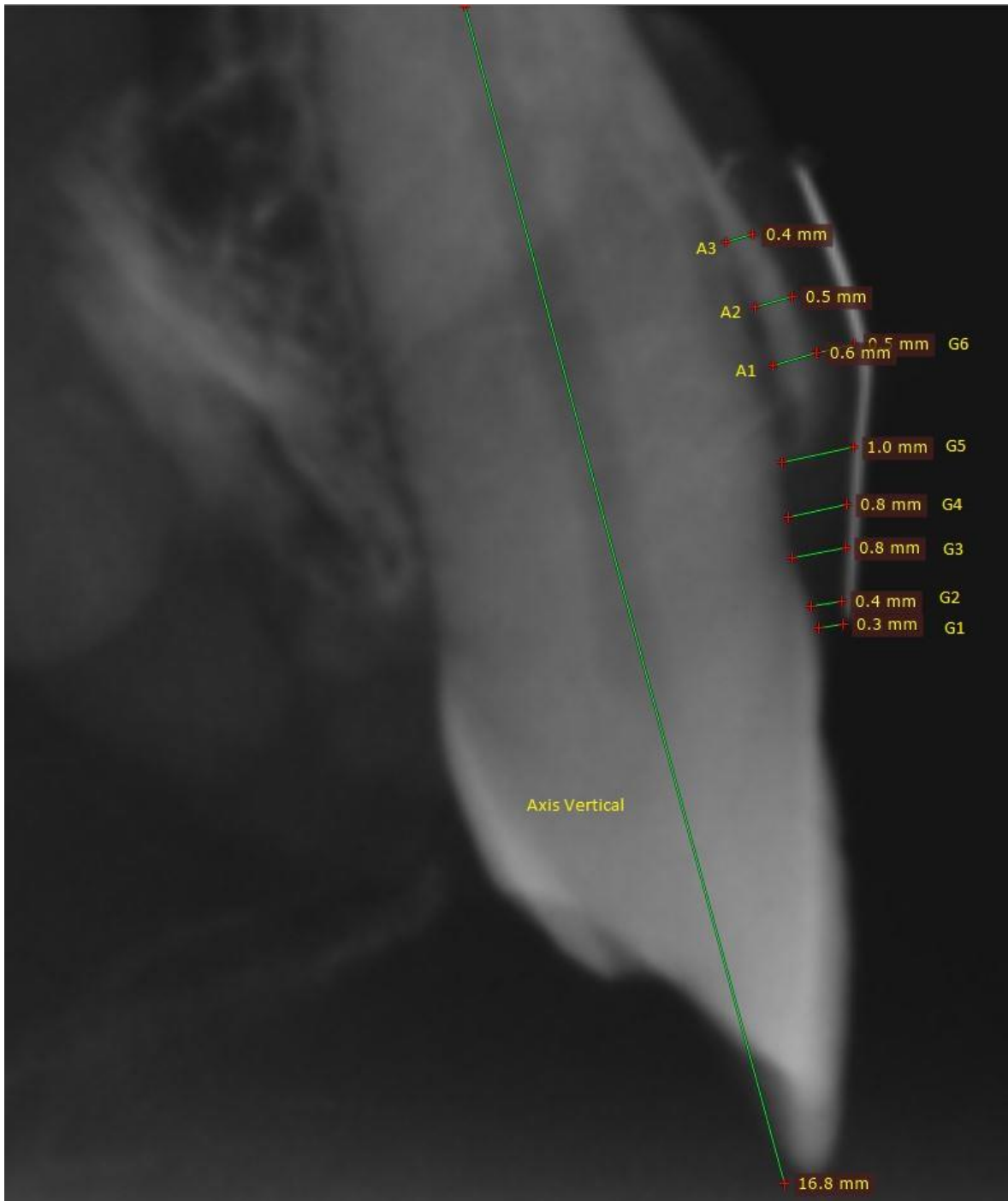


Figura 50. Ejemplo de mediciones tomadas para el caso 1A.

Las mediciones se fueron recopilando en una hoja de cálculo para su posterior análisis. Se procedió con esta metodología para la totalidad de las muestras individuales del estudio. Únicamente se descartó la muestra 7D, al no contar con más piezas dentales del mismo tipo, por lo que no tendríamos otras muestras con las que comparar dicha pieza.

5.3. Microscopía óptica

Una vez realizado el estudio radiológico, se procedió a la preparación de las muestras para el análisis de las mismas mediante microscopio óptico digital.

Preparación

Para poder preparar las muestras para su análisis microscópico, se tuvo que llevar a cabo un proceso lento y laborioso con el fin de preservar la calidad de cada espécimen. El objetivo era incluir cada pieza dental en metilmetacrilato para después tallar dicha pieza y, con la tinción adecuada, observar y caracterizar la unión dentogingival de cada una.

Para comenzar, se prepararon frascos introduciendo una base de polimetilmetacrilato. Esta base se preparó añadiendo a cada frasco 7 mL de metacrilato de metilo en el que había disuelto un 5% de polimetilmetacrilato - de masa molecular promedio de 995.000 Da - y, como catalizador de la polimerización, un 1% de peróxido de benzoilo. Se mantuvo a temperatura ambiente durante y tras la polimerización.



Figura 51. Muestras rotuladas en botes.

Una vez se tuvieron preparadas las bases polimerizadas, había que preparar las muestras dentales e incluir las mismas en metacrilato también. Para ello, se siguió el siguiente proceso:

- Se retiró el formol en el que se conservaban las muestras.
- Inmersión en etanol al 70% durante 4 horas, después se cambió el etanol y se dejó durante toda la noche en esta disolución.
- Al día siguiente, se retiró el etanol y se dejó 4 horas en etanol absoluto. Del mismo modo que en el anterior paso, se retiró el etanol y se volvió a dejar toda la noche en etanol absoluto.
- A continuación, se introdujeron las muestras en xilol y se dejó durante una noche en esta disolución.
- Se cambió la disolución de xilol y se mantuvieron durante 72 horas en xilol nuevamente.

Hasta aquí, las muestras se conservaron a temperatura ambiente y constantemente agitadas en placa de oscilación de vaivén a baja velocidad para favorecer la impregnación.

- Después de la fase de xilol, se añadió a cada muestra aproximadamente 15 mL de metacrilato de metilo y se mantuvieron impregnándose durante 7 días sin agitación y en oscuridad.
- Se retiró el sobrante y se añadieron 20 mL de metacrilato de metilo con un 1% de peróxido de benzoilo y se mantuvieron 4 días sin agitación y en oscuridad.
- Se retiró de nuevo el sobrante y se añadieron 20 mL de metacrilato de metilo con un 5% de disolución de polimetilmetacrilato (la misma disolución que se utilizó para crear las bases) y se mantuvieron 3 días a temperatura ambiente y en oscuridad.
- Para continuar con el proceso, se retiró el sobrante y se unieron los bloques con las muestras incluidas a las bases creadas con anterioridad. Se pegaron con Loctite profesional, manteniendo las muestras unidas y ejerciendo presión durante unos 10-20 segundos. Después se dejaron secar aproximadamente 15 minutos.
- A continuación, se añadió de nuevo metacrilato de metilo con un 5% de disolución de polimetilmetacrilato hasta llenar el frasco que contenía la base y la muestra incluida.
- Se dejaron a temperatura ambiente y sin protección lumínica para favorecer la polimerización. Todas y cada una de las muestras polimerizaron al cabo de 7 días.

Corte y pulido

Una vez incluidas las muestras en polimetilmetacrilato, fue necesario retirar el sobrante para crear un disco fino en el que estuviese la muestra cortada longitudinalmente hasta llegar aproximadamente a su parte media, si dividiéramos longitudinalmente la pieza en dos mitades.

Para ello, primero se empleó una cortadora de precisión Accutom-5, marca Struers, dotada de un disco de corte diamantado, a una velocidad de 3000 rpm y una velocidad de avance de 0.1 mm/s. De este modo, se eliminaron mediante corte las zonas de polimetilmetacrilato sobrantes. Debido a la gran variabilidad que presentaba cada muestra, y con el fin de alcanzar la zona central de cada pieza dental con la máxima precisión, no se empleó esta máquina para seccionar la muestra, sino que se hizo directamente mediante desbaste. Además, el uso de esta máquina podría haber dañado el tejido de las muestras.

Para realizar el desbaste de cada muestra, se empleó una máquina de esmerilado y pulido en húmedo LaboPol-21, también de la marca Struers. Se utilizaron discos abrasivos de carburo de silicio desechables de tamaño de partícula variable. El proceso que se siguió fue:

- Se hizo uso de un disco grueso #320 con un tamaño de partícula de 46 micrómetros. Con este disco, se desbastó la muestra hasta llegar aproximadamente a 2 mm del corte longitudinal imaginario de la muestra.

- Se usó un disco de grado intermedio, #800 con tamaño de partícula de 22 micrómetros, hasta llegar a 1 mm aproximadamente del corte longitudinal ideal.
- Por último, un disco de grado fino, #1000 de tamaño de partícula de 18 micrómetros, hasta llegar a la zona deseada.

Durante el proceso, se desbastó también el lado opuesto de la muestra para crear dos superficies paralelas. En la superficie que ejercería de base, se procuró que no alcanzase en ningún caso la muestra biológica incluida, pero manteniendo el mínimo grosor posible.



Figura 52. Pulidora LaboPol-21.

A continuación, y para propiciar la calidad de la superficie de la muestra a analizar y dotar de un aspecto cristalino a cada muestra, lo cual sería de especial relevancia a la hora del análisis microscópico, se realizó un segundo proceso de pulido.

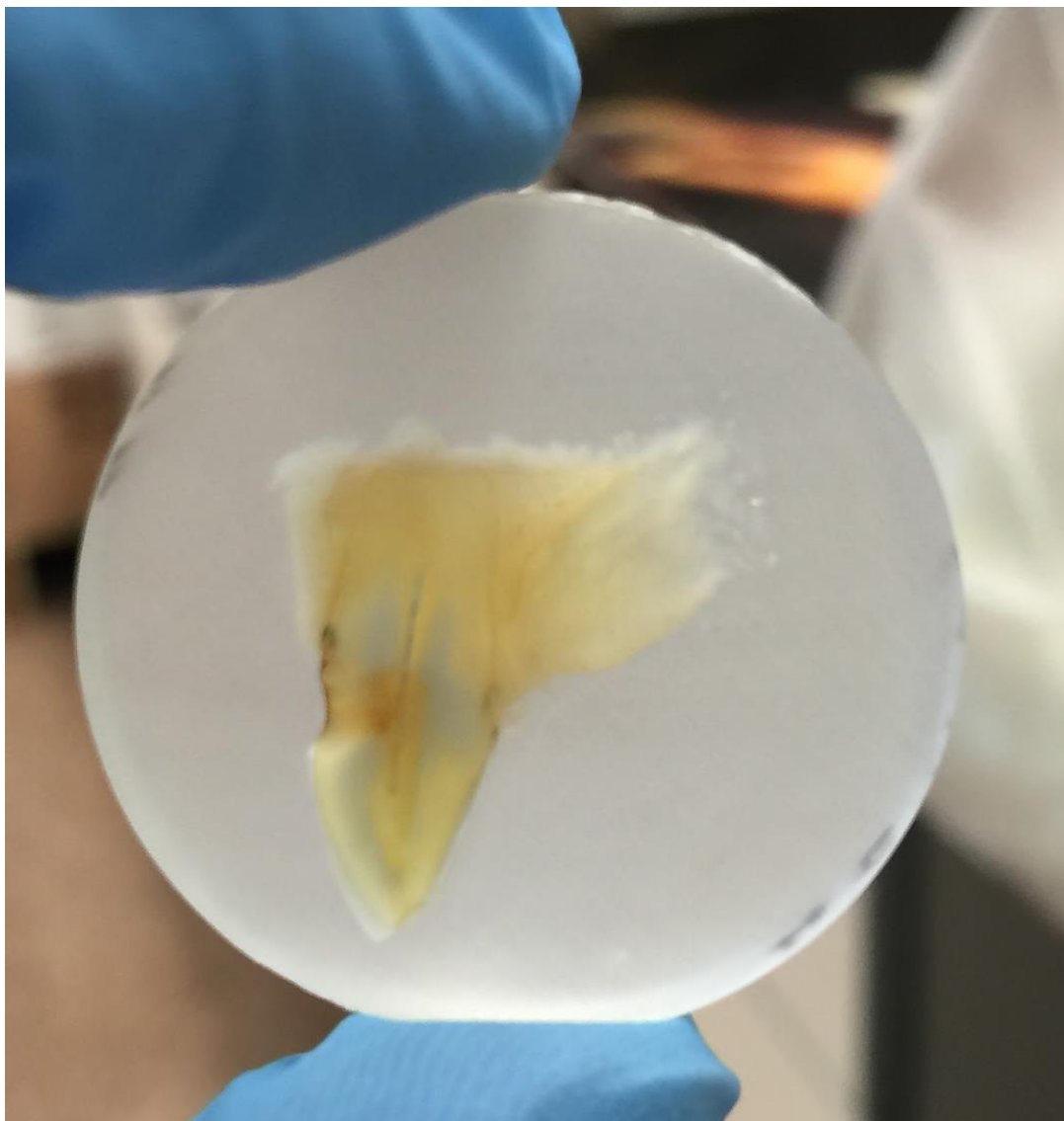


Figura 53. Muestra tras primera fase de pulido. Nótese el aspecto turbio del fondo de la muestra.

En esta segunda fase de pulido, se pulió cada superficie de cada muestra empleando 6 pastas diferentes de diamante, dispersas en una suspensión oleosa de tamaño de grano decreciente: 14, 10, 7, 2.5, 1 y 0.5 micrómetros de tamaño de grano medio. Así, el proceso fue como se describe:

- Se depositó una lágrima de la porción de pasta sobre la superficie y se frotó con algodón. Esto se hizo sobre ambas caras de la muestra. Después, se eliminó el sobrante de la pasta lavando cada pieza en una disolución jabonosa.
- Se procedió al secado de la muestra y leve lavado con etanol.
- Se siguió con el resto de pastas el mismo proceso, por ambas caras y tras pulir con la última, se frotó bien con etanol para eliminar cualquier resto de pasta.

En algunas muestras que contenían pequeñas burbujas creadas durante el proceso de polimerización, se tuvo que eliminar la pasta que quedó en su interior utilizando una aguja y lavado con etanol.

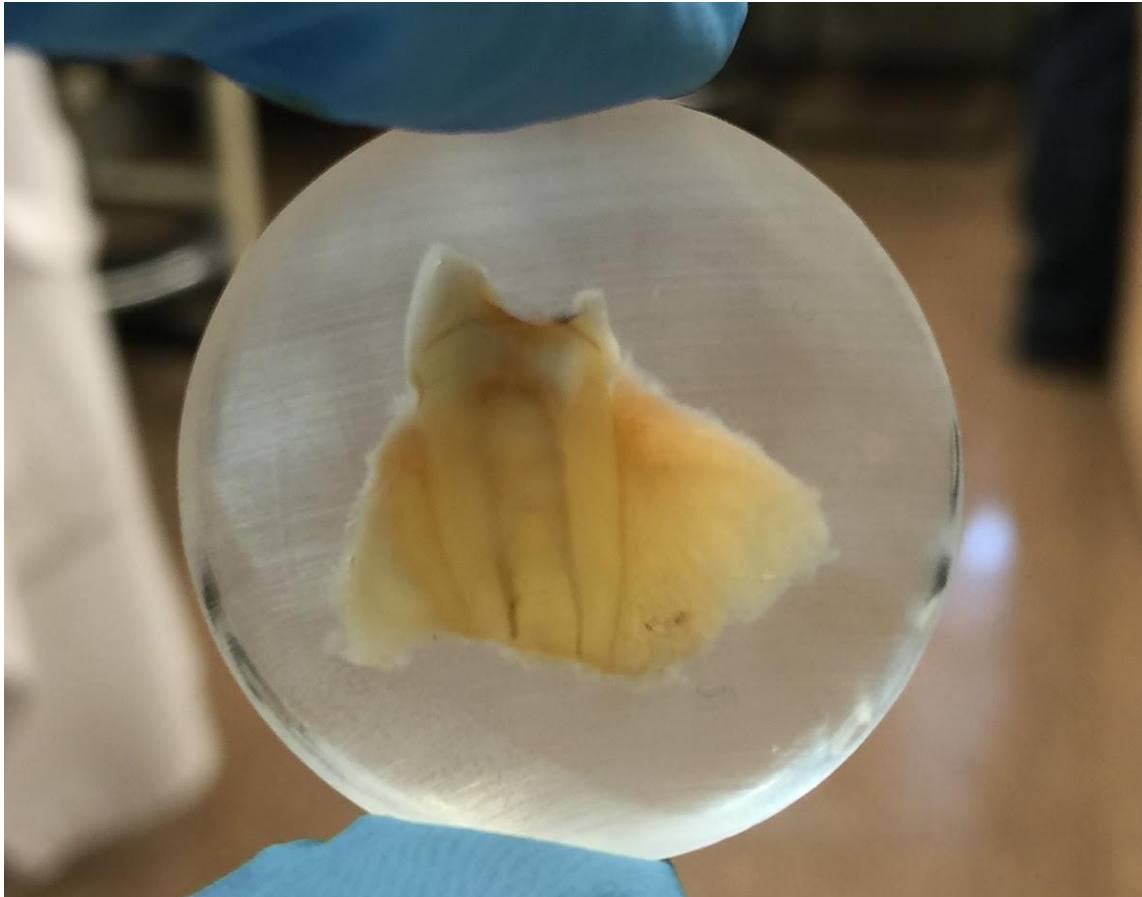


Figura 54. Muestras preparadas para la fase de tinción. Nótese el aspecto más traslúcido del fondo.

Tinción

Para la fase de tinción de las muestras, el objetivo era teñir la cara expuesta de cada pieza gracias al trabajo realizado en la fase de pulido. Para ello, se siguió un proceso estándar que se describe a continuación:

Se prepararon con antelación las siguientes disoluciones:

- Eosina al 1% en agua.
- Azul de toluidina al 1% en 0.1 M de fosfato sódico ajustado a pH 3.5.
- Azul de toluidina al 1% en 0.1 M de fosfato sódico ajustado a pH 8.

Una vez preparadas, se mantuvieron a 55 °C y se tiñieron sucesivamente en cada disolución. Se dejaron sumergidas en cada disolución durante 30 minutos, manteniendo siempre los 55 °C y se después, se lavaban durante 3 minutos con agua entre cada tinción.

Estudio con microscopio óptico digital

Con las muestras preparadas y teñidas, se pudo proceder al análisis morfométrico de las mismas.

Se utilizó un microscopio óptico digital de la marca Leica. Este microscopio, nos permite utilizarlo en modo óptico tradicional u observar la imagen a través del software del propio fabricante, ya que el mismo estaba conectado a un ordenador.

Se obtuvieron diferentes bloques de imágenes a diferentes aumentos para conformar una imagen mayor de la zona a analizar. Así, se obtuvieron imágenes de las zonas de interés a 1.6x y 2.5x. Gracias al software de captura de imagen Leica, las imágenes obtenidas, iban acompañadas de un fichero de metadatos en el que se incluía toda la información necesaria acerca de la imagen. El parámetro más importante para este trabajo, era el espaciado en píxeles para poder realizar las mediciones posteriores.

Medición

Para el estudio morfométrico de las imágenes obtenidas, se barajaron diferentes opciones software. Se optó definitivamente por utilizar Adobe Photoshop CC en su versión del 2015 por su gran multitud de herramientas de análisis de imagen y su facilidad de uso y curva de aprendizaje.

Lo primero que se tuvo que hacer para poder analizar las imágenes, era realizar el montaje para unir cada zona capturada con el microscopio para formar la imagen completa y poder realizar las mediciones. En la figura 55, se puede observar el resultado de unir diferentes capturas en una única imagen para obtener la muestra microscópica completa.

Con cada imagen unida para generar una muestra completa, se procedió a realizar las mediciones según los artículos de Gargiulo y Stein. De este modo, podríamos comparar la precisión de la medición en radiografía con las obtenidas en microscopio.

Para ello, se utilizó la herramienta de medir de Adobe Photoshop CC 2015. Esta herramienta nos permite medir distancias en píxeles. Dado que en los archivos de metadatos que acompañan a las imágenes obtenidas, teníamos el ratio de calibración del microscopio que indica el espaciado en píxeles, obteniendo esta medida podríamos transformarla a milímetros fácilmente.

Tras medir cada distancia, se iba anotando en una hoja de cálculo donde se tenía una fórmula para calcular la equivalencia píxeles - milímetros. Siendo las equivalencias como se muestran en la tabla 4.

mm/pixel a 1,6x	mm/pixel a 2,5x
0,00575892584664481 mm	0,00368571254185267 mm
píxeles/mm a 1,6x	píxeles/mm a 2,5x
173,643493010525 píxeles	271,317957828946 píxeles

Tabla 4. Equivalencia milímetros – píxeles.

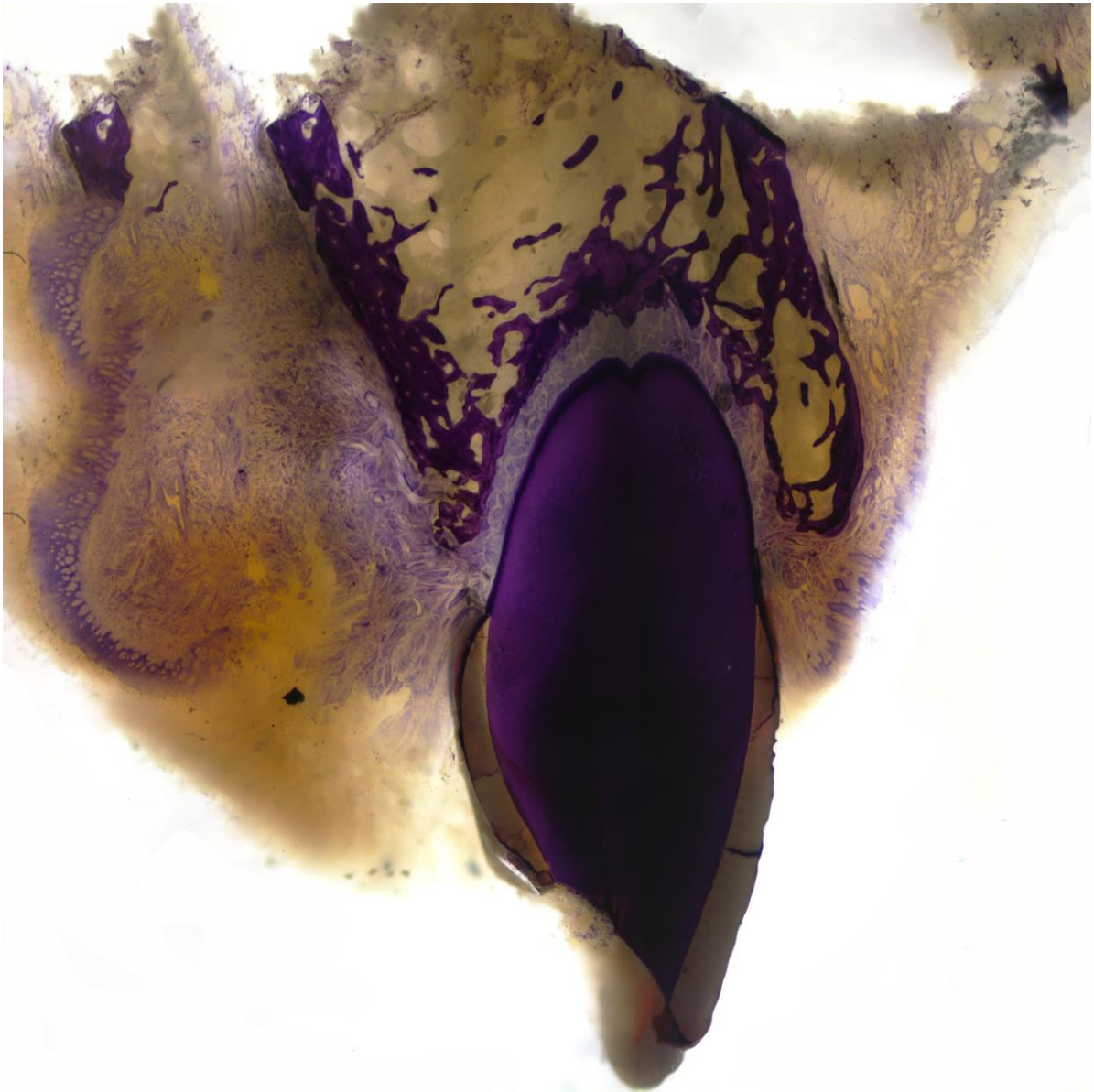


Figura 55-1. Imagen completa de la muestra 1A a 1.6x. E - AT.

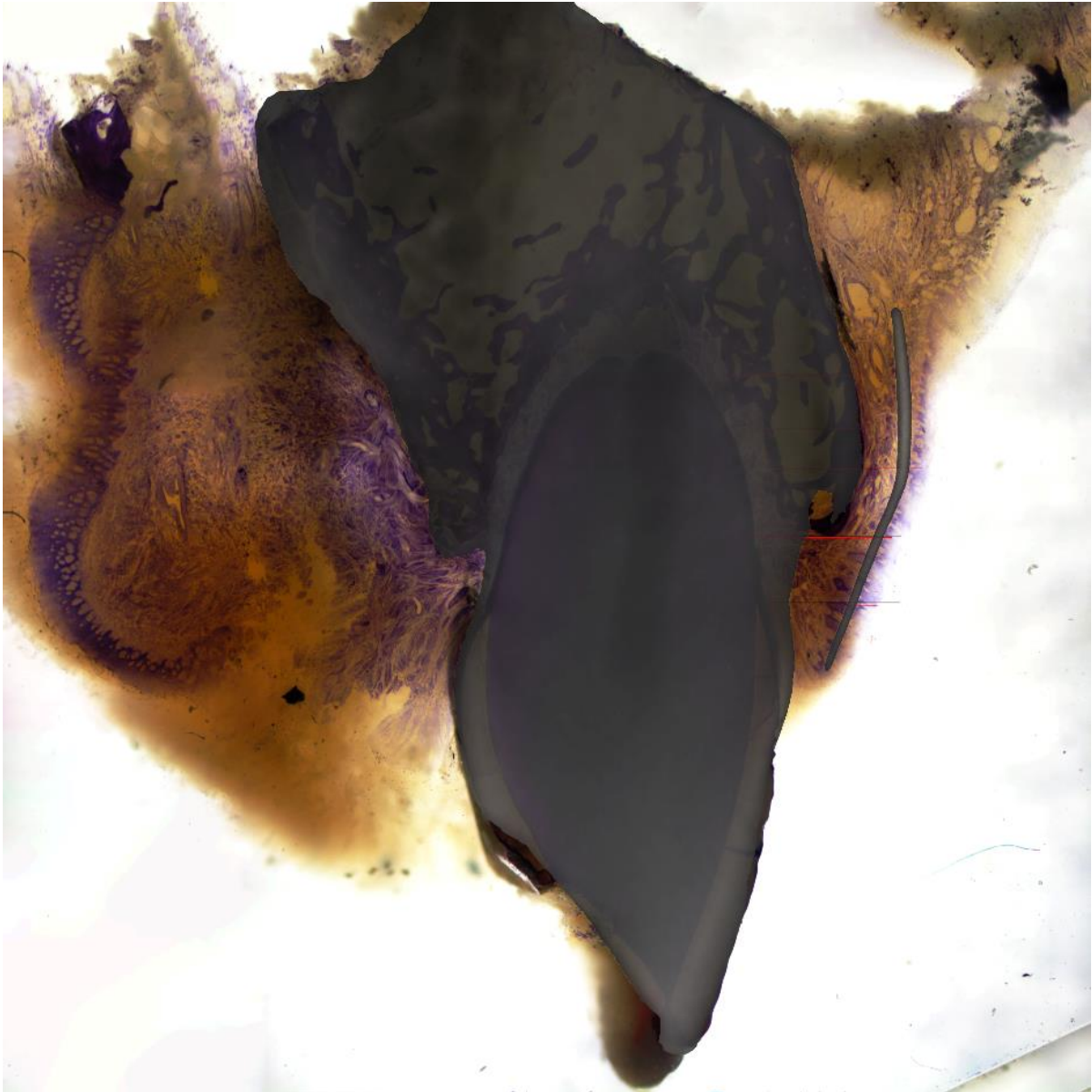


Figura 55-2. Superposición Rx en imagen microscopía óptica.

Así, en la figura 56 se puede ver el esquema de las medidas tomadas de cada muestra siguiendo esta nomenclatura:

Las medidas longitudinales:

- A: profundidad del surco gingival
- B: longitud del epitelio de unión
- C: punto más apical del epitelio de unión desde la unión amelo-cementaria
- D: distancia desde la base del surco hasta la unión amelo-cementaria
- E: distancia desde la unión amelocementaria hasta el hueso alveolar
- F: distancia desde el punto más apical del epitelio de unión hasta el hueso alveolar (tejido conectivo).

Para las medidas transversales:

- Grosor de la encía libre: distancia entre la superficie del esmalte hasta la cara palatina de la banda metálica, en el margen coronal (G1) y en la base de la encía libre (G2).
- Grosor de la encía en la unión supracrestal: distancia entre la superficie de la raíz y la cara palatina de la banda metálica medida desde la unión amelocementaria (G3), el punto medio entre la unión amelocementaria y la cresta ósea (G4), y justo por encima de la cresta ósea (G5).
- Grosor de la encía fija: distancia entre el margen bucal de la cresta ósea y la cara palatina de la banda metálica (G6).
- Grosor de la placa del hueso alveolar: distancia entre la superficie bucal y el lado palatino medido al nivel de la cresta ósea de la lámina dura (A1), en el borde entre el punto coronal y medio (A2) y entre la mitad y el tercio apical de la raíz (A3).

Se ha elegido la muestra 1A, pues es una de las muestras que más se asemejan a un periodonto en estado de salud. El resto, muestran un periodonto más retraído y dañado.

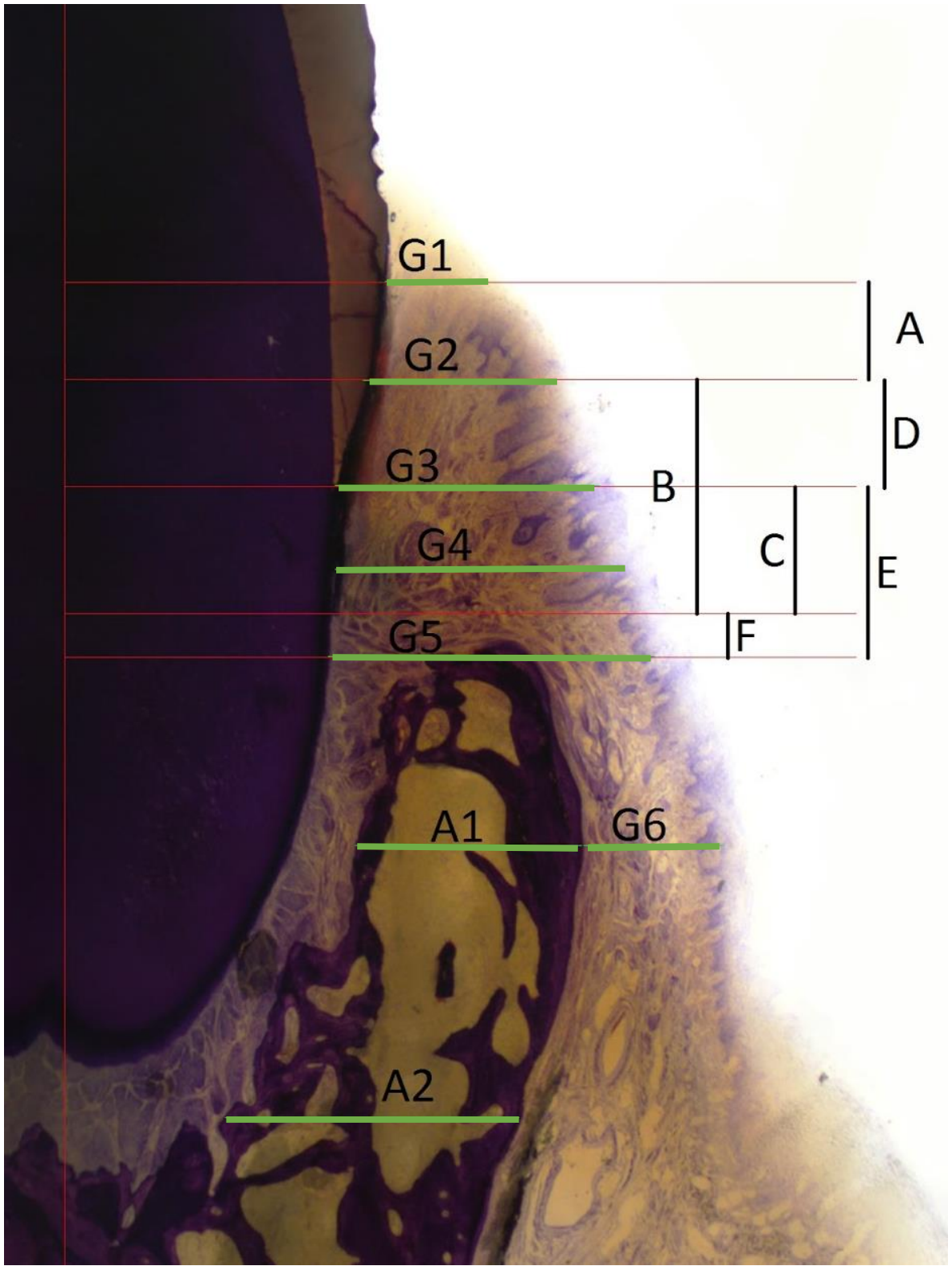


Figura 56. Medidas realizadas para el estudio de morfometría. Medidas transversales y longitudinales. E AT, 1.6x.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este apartado, se presentarán los resultados obtenidos de las mediciones realizadas de la morfometría de la unión dentogingival con radiografías y con imágenes de alta definición obtenidas con microscopía óptica digital.

Se detallarán los análisis estadísticos realizados a las muestras para describir de una manera generalizada cada población del conjunto de nuestras muestras. Se han realizado 3 conjuntos de datos, aunando las muestras de todos los pacientes, según si el diente era canino, dental o lateral.

Además, un análisis de todas las muestras pertenecientes a la misma arcada de cada paciente.

Como se ha explicado a lo largo de este trabajo, la morfología del tejido blando y óseo de cada diente, es diferente según su posición en el arco dental. Es por esto que únicamente se han comparado las muestras que provenían de la misma ubicación. No resultaría significativo comparar las medidas obtenidas en un diente central incisivo, que en un premolar, por ejemplo.

A continuación se muestran las tablas con los resultados obtenidos de cada técnica de análisis morfométrico utilizado: imágenes Rx e imágenes de microscopía óptica.

Los casos 2C, 7C y 7D se descartaron en las medidas de microscopía óptica por estar dañadas las zonas de interés. Quedando un total de 17 piezas para las medidas bajo microscopio. Para las mediciones en Rx, únicamente se descartó el caso 7D, siendo un total de 19 las muestras caracterizadas.

Los espacios en blanco en las tablas indican que dicha medida no pudo ser tomada.

Micro	1A	1B	1C	2A	2B	3A	3B	4B
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
A	1,58	1,29	0,50	0,29	1,58	1,27	0,33	1,15
B	0,69	0,58	1,12	1,57	1,88	0,27	1,36	2,60
C	0,90	0,58	1,68	2,89	2,76	4,54	3,49	4,24
D	-0,22		-0,55	-1,32	0,91	-4,26	-2,12	-1,65
E	1,12	1,14	2,16	3,91	3,38	4,90	4,59	4,85
F	0,21	0,56	0,48	1,01	0,64	0,37	1,10	0,59
G1	0,81	0,69						
G2	2,01	2,09						
G3	1,76	2,09			0,72			
G4	2,10	2,54		1,01	1,57			1,14
G5	2,31	2,79	2,22	1,30	2,33	1,68	1,70	1,91
G6	0,98	1,21	1,56	0,87	0,90	0,48	1,02	1,43
A1	1,50	2,11	1,06	0,21	1,60	0,82	0,52	0,78
A2	1,57	1,79	1,05	0,24	1,25	0,41	0,61	
A3	2,07			0,24		0,47		

Tabla 5-1. Medidas obtenidas tras análisis morfométrico de las imágenes de microscopio.

Micro	4C	5A	5B	5C	6A	6B	7A	7B
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
A	1,85	0,87	1,63	0,51	0,78	1,91	2,25	0,96
B	0,70	1,51	1,10	2,14	1,73	0,25	0,69	1,62
C	6,72	2,38	1,89	2,71	2,91	2,66	5,02	4,49
D	-6,02	-0,87	-1,64	-0,57	-1,18	-2,41	-4,33	-2,64
E	7,92	3,94	4,46	4,23	3,51	3,17	5,37	5,46
F	1,22	1,56	1,73	1,53	0,60	0,50	0,35	1,18
G1			0,77					
G2			1,95					
G3			1,71					
G4		1,56	2,49	1,41	1,28	1,28		
G5	1,75	2,76	2,87	2,60	1,51	2,18	2,23	2,19
G6	1,26	1,03	0,74	0,32	0,97	0,97	1,60	1,49
A1	0,52	1,34	2,37	2,92	0,29	1,77	0,12	0,18
A2			1,45		0,27		0,27	
A3					0,21			

Tabla 5-2. Medidas obtenidas tras análisis morfométrico de las imágenes de microscopio

Rx	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	4A	4B
G1	0,32	0,45								
G2	0,42	0,59								
G3	0,65	1,07								
G4	0,68	1,28		0,93	1,50	0,61	0,63		0,69	0,89
G5	0,83	1,77	1,31	1,19	2,05	0,84	1,35	1,10	1,09	1,17
G6	0,39	0,31	0,29	0,76		0,55	0,60	0,42	0,47	0,52
A1	0,69	1,58	1,74	0,29	1,62	0,21	0,48	0,47	0,36	0,70
A2	0,52	1,11	1,14	0,23	1,08	0,17	0,41	0,43		
A3	0,20			0,24		0,16	0,27			

Tabla 6-1. Medidas obtenidas tras análisis morfométrico de las imágenes de radiografía

Rx	4C	5A	5B	5C	6A	6B	7A	7B	7C
G1									
G2									
G3		0,40	0,89						
G4		1,59	1,86	99,0	0,90	0,58	1,23	0,96	1,36
G5	0,67	2,05	2,15	2,24	0,99	1,00	1,60	1,41	1,66
G6	0,26	0,32	0,65		0,66	0,47	1,15	1,02	0,91
A1	0,50	1,57	1,70	3,25	0,28	0,70	0,45	0,18	0,70
A2		1,18	0,96		0,17	0,60		0,17	
A3					0,13	0,31			

Tabla 6-2. Medidas obtenidas tras análisis morfométrico de las imágenes de radiografía

	1A	1B	1C	2A	2C	2B	3A	3B	4A
CL	8,2	7,26	5,2	10,27	9,85	8,26	6,66	7,29	8,55
CW	4,96	7,16	7,81	6,93	8,38	5,68	7,08	7,06	7,39

Tabla 6-3. Medidas de la longitud de la corona y la amplitud de la corona en Rx.

	4B	4C	5A	5B	5C	6A	6B	7A	7B	7C
CL	7,26	8,35	7,67	8,14	7,96	10,54	9,02	8,01	7,2	5,87
CW	6,29	8,2	7,72	7,44	9,45	6,85	6,51	7,06	7,28	6,26

Tabla 6-4. Medidas de la longitud de la corona y la amplitud de la corona en Rx.

Cabe destacar que para las medidas del atributo D, este en ocasiones toma valores negativos. Esto es debido al sentido de la medición, que era inverso cuando la unión amelocementaria se encontraba por encima de la base del surco gingival.

6.1. Análisis estadístico

Una vez obtenidos los resultados de las mediciones realizadas, se procede a detallar el análisis estadístico llevado a cabo para su posterior estudio y caracterización.

Como hemos comentado, este análisis se ha hecho dividiendo las muestras según el diente de procedencia para que los resultados obtenidos resulten significativos y comparativamente aceptables. Además, también se han analizado las muestras por paciente, para observar las similitudes de cada pieza dental con el resto de piezas de la arcada dental.

Para estos análisis se ha hecho uso de dos softwares diferentes de tratamiento estadístico de datos:

- *IBM SPSS Statistics Version 22*
- *JMP Statistical Discovery from SAS*

La razón principal de utilizar dos programas diferentes fue únicamente por la sencillez de una herramienta u otra a la hora de efectuar según qué análisis estadístico.

Tras importar los datos a ambos programas, se incluyeron las siguientes medidas adicionales que podrían resultar de interés:

- Longitud de la Corona (CL), medida en las radiografías, desde el punto más coronal de la corona, hasta la unión amelocementaria
- Amplitud de la corona (CW), esta medida se obtuvo también en las radiografías. Se midió la distancia entre el punto más palatino de la unión

amelocementaria hasta el punto más bucal. Dado que la forma del diente varía según la pieza dental, siendo el límite amelocementario con forma de elipse más amplia que profunda en los dientes centrales y laterales, y más circular en caninos y premolares, se calculó sumándole un 20% al diámetro medido para el caso de los dientes centrales y un 10% para los laterales. Esta medida por tanto, se tomará como un valor aproximado y se ha calculado a fin de ver la relación entre el grosor de la corona y el grosor biológico.

- Ratio CW/CL.
- Grosor gingival como variable separada, que consiste en la suma de las medidas B y F.

Dado que las medidas realizadas en las radiografías pudieron realizarse e incluso completarse algunas zonas no diferenciables en la radiografía, los análisis estadísticos realizados se han hecho con los datos obtenidos de las imágenes microscópicas por ser muchísimo más precisos y contar con la certeza de que se estaba midiendo la zona anatómica correcta. De este modo, eliminamos parte de la subjetividad que se tuvo que incluir en las medidas hechas por radiografía, así como el margen tan amplio de error debido a la magnificación de esta técnica. Además, las medidas G1, G2, G3, A2 y A3 se eliminan del estudio estadístico al no contar con suficientes medidas realizadas pues no otorgarán datos significativos.

A continuación, se mostrarán las tablas con los resultados obtenidos.

Medidas	Mínimo	Máximo	Media	Error estándar	Desviación estándar
G4	1,41	2,54	1,98	0,57	0,80
G5	1,75	2,79	2,38	0,32	0,55
G6	0,32	1,26	0,93	0,31	0,53
A1	0,52	2,92	1,85	0,71	1,22
CL	7,26	8,35	7,86	0,32	0,55
CW	7,16	9,45	8,27	0,66	1,15
CWCLRatio	0,98	1,19	1,05	0,07	0,12
GW_BF	1,62	2,27	1,92	0,19	0,33
A	0,5	1,58	1,12	0,32	0,56
B	0,58	1,12	0,80	0,16	0,29
C	0,58	1,68	1,05	0,33	0,57
D	-0,55	0	-0,26	0,16	0,28
E	1,12	2,16	1,47	0,34	0,59
F	0,21	0,56	0,42	0,11	0,18

Tabla 7. Descriptivos estadísticos dientes caninos.

Medidas	Mínimo	Máximo	Media	Error estándar	Desviación estándar
G4	1,01	1,56	1,22	0,13	0,25
G5	1,30	3,99	2,24	0,35	0,92
G6	0,48	1,60	1,08	0,17	0,41
A1	0,12	1,34	0,50	0,20	0,49
A2	0,24	0,41	0,30	0,04	0,08
A3	0,21	0,47	0,31	0,08	0,14
CL	6,66	10,54	8,41	0,56	1,49
CW	8,22	9,26	8,62	0,14	0,36
CWCLRatio	0,65	1,06	0,88	0,06	0,16
GW_BF	1,54	3,75	2,53	0,33	0,88
A	0,29	1,85	1,11	0,22	0,59
B	0,27	2,6	1,43	0,29	0,76
C	2,76	6,72	4,35	0,56	1,49
D	-6,02	0,91	-2,67	0,88	2,32
E	3,38	7,95	5,36	0,70	1,84
F	0,37	2,12	1,01	0,22	0,58

Tabla 8. Descriptivos estadísticos dientes centrales.

Medidas	Mínimo	Máximo	Media	Error estándar	Desviación estándar
G1	0,77	0,81	0,79	0,02	0,03
G2	1,95	2,01	1,98	0,03	0,04
G3	0,72	1,76	1,40	0,34	0,58
G4	1,14	2,49	1,71	0,25	0,57
G5	1,70	2,87	2,22	0,16	0,40
G6	0,74	1,43	1,01	0,09	0,23
A1	0,52	2,37	1,42	0,28	0,68
A2	0,61	1,57	1,22	0,21	0,43
A3	2,07	2,07	2,07	.	.
CL	7,26	9,02	8,03	0,27	0,67
CW	5,46	8,18	6,96	0,41	1,00
CWCLRatio	0,60	0,97	0,79	0,06	0,14
GW_BF	1,54	2,94	2,42	0,21	0,50
A	0,51	2,25	1,33	0,29	0,70
B	0,25	2,14	1,10	0,29	0,71
C	1,89	5,02	2,93	0,44	1,08
D	-4,33	-0,57	-1,83	0,56	1,38
E	3,17	5,37	4,11	0,32	0,77
F	0,35	1,73	1,05	0,25	0,62

Tabla 9. Descriptivos estadísticos dientes laterales. En gris, datos no significativos por falta de elementos.

A continuación, se muestran los gráficos de dispersión de cada variable. Así, se pueden observar el histograma y el gráfico de valores atípicos al lado, junto con los cuantiles y el resumen estadístico de cada atributo medido.

En la tabla 10, se puede observar una posible distribución entre dos grupos bien diferenciados de valores, que podrían coincidir con el biotipo periodontal.

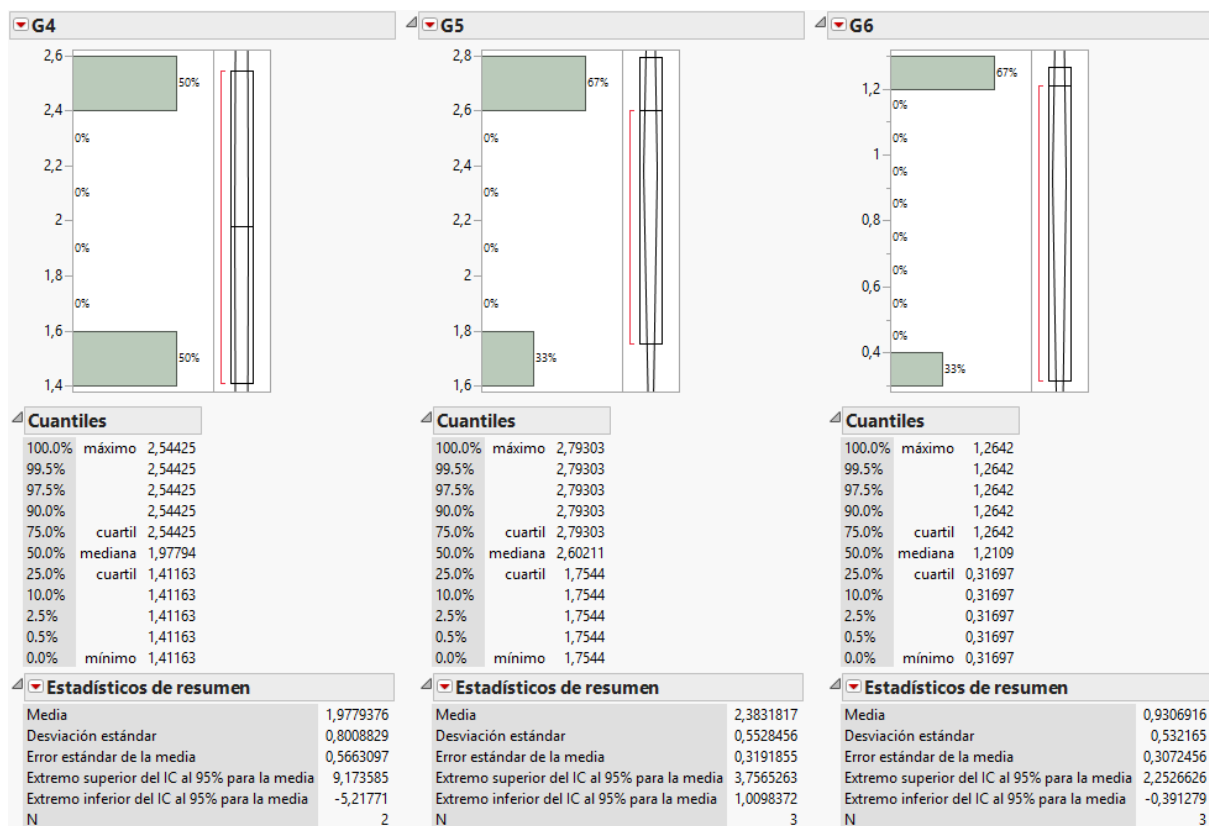


Tabla 10. G4, G5 y G6 en caninos.

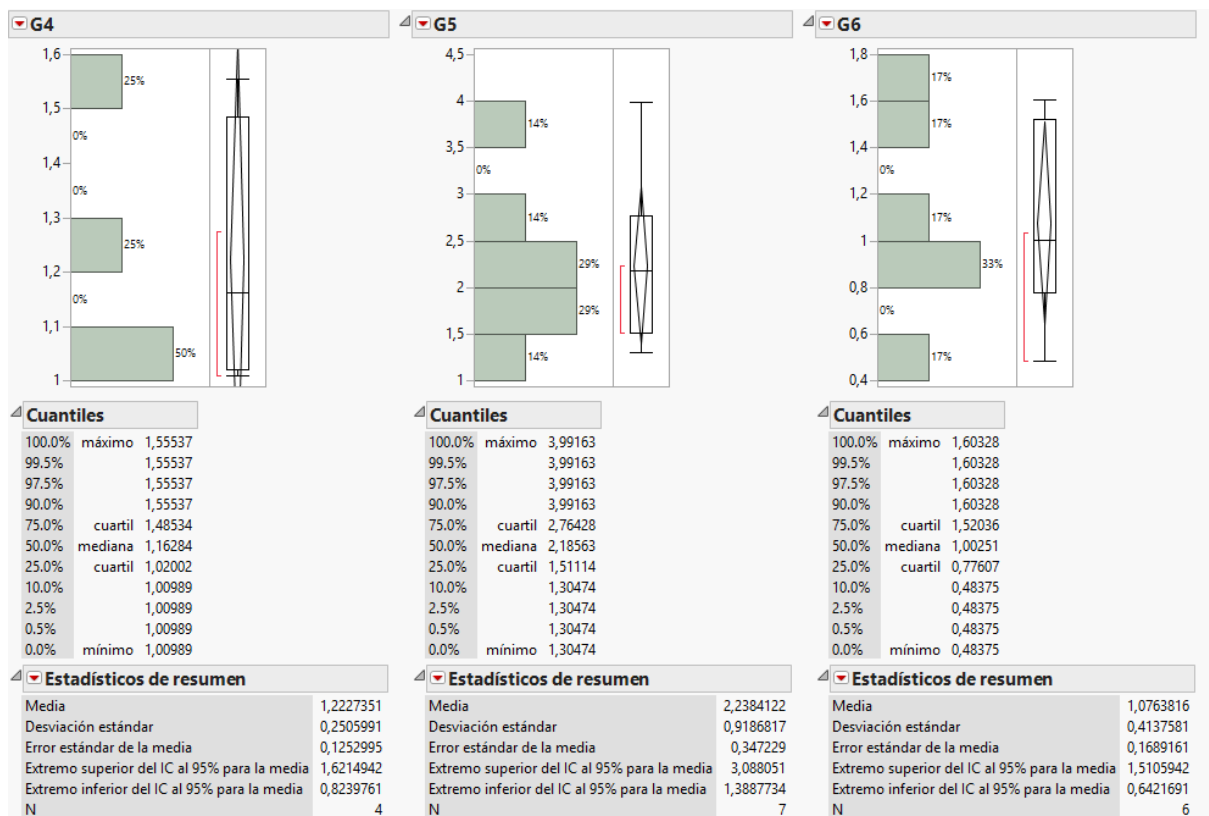


Tabla 11. G4, G5 y G6 en centrales.

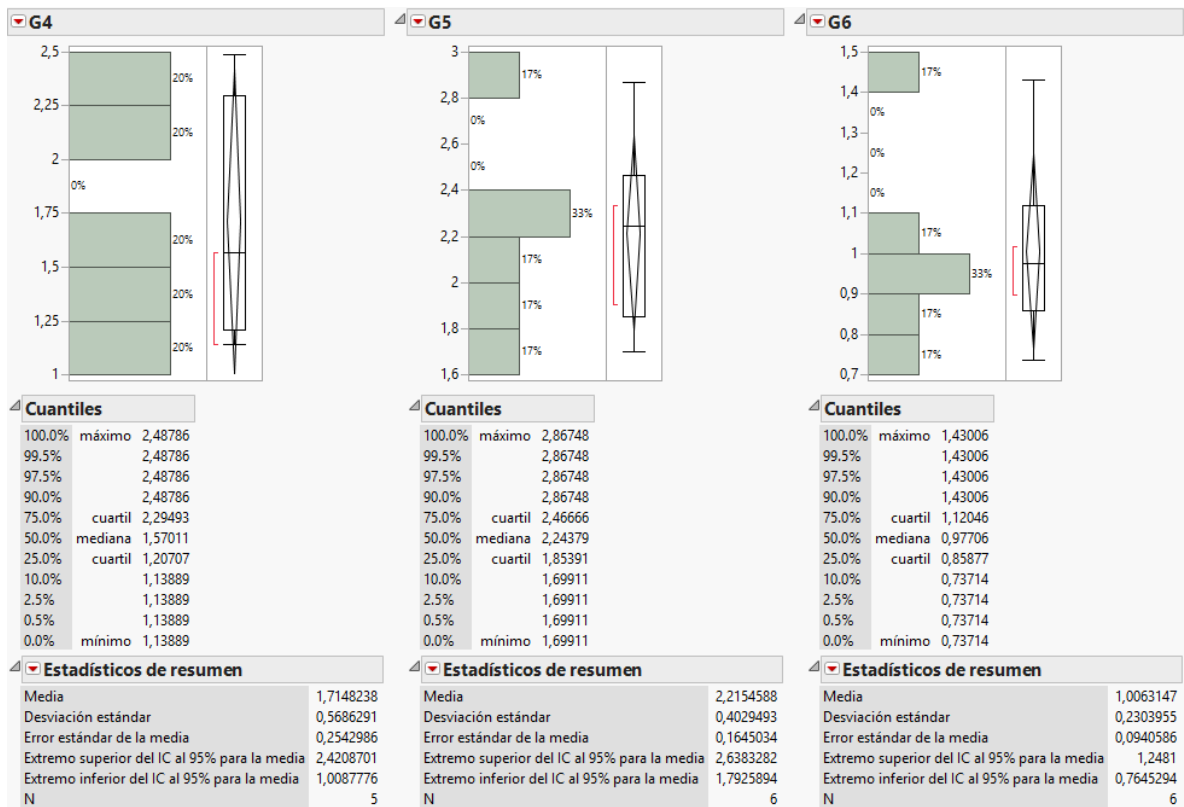


Tabla 12. G4, G5 y G6 en laterales.

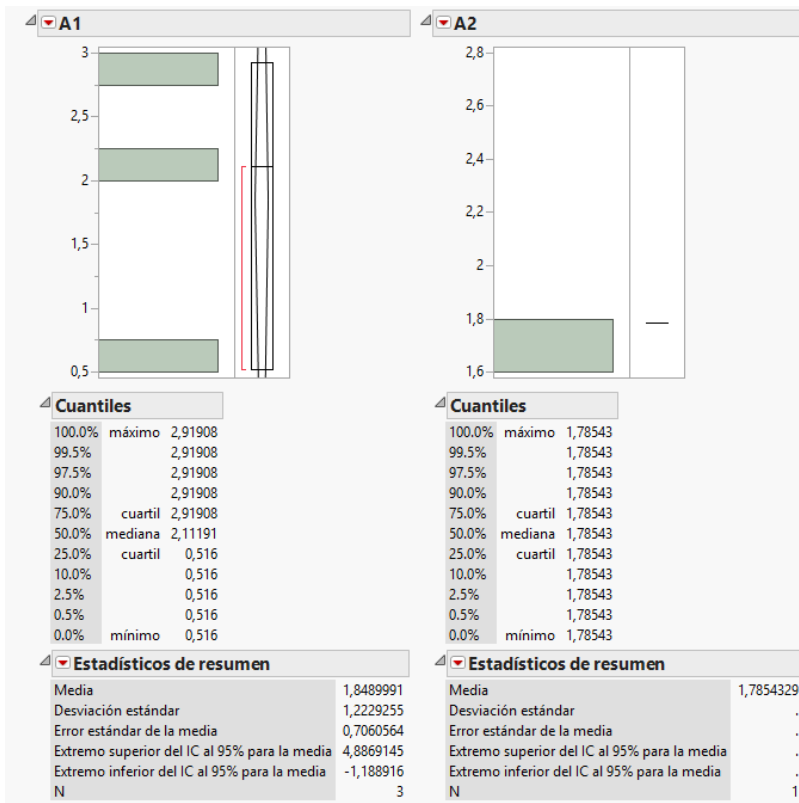


Tabla 13-1. A1 y A2 caninos.

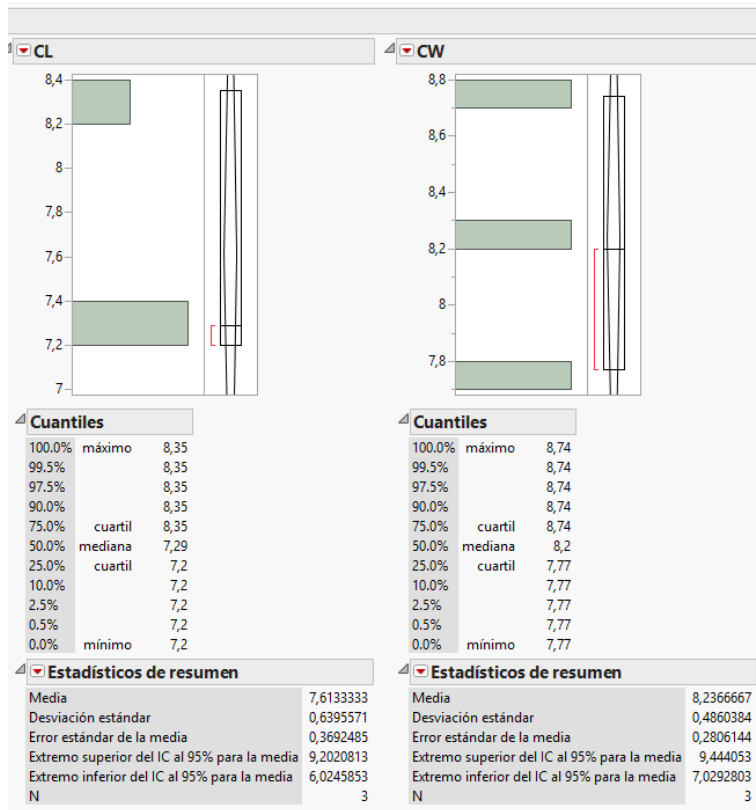


Tabla 13-2. CL y CW en caninos.

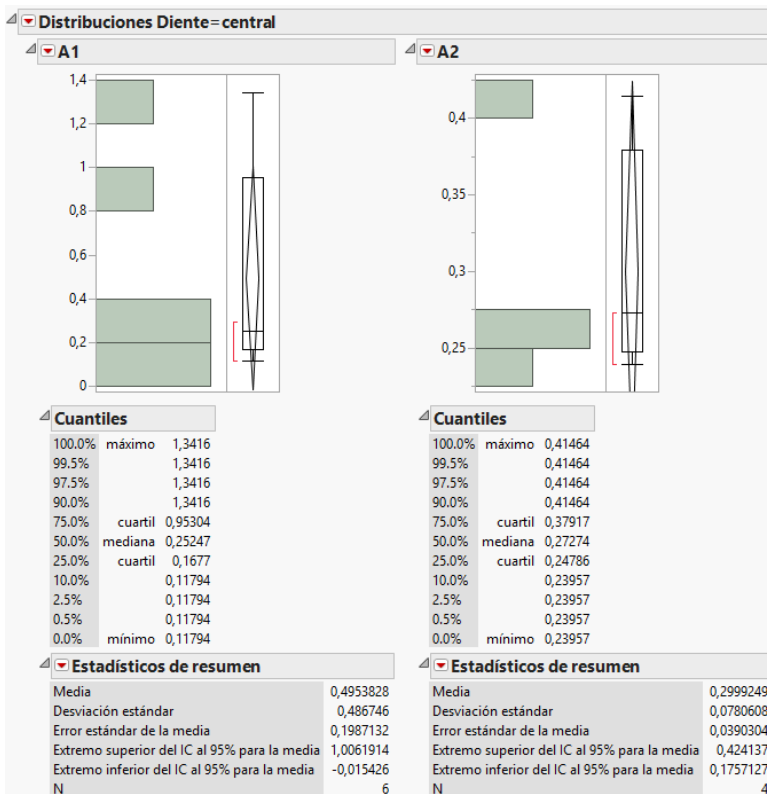


Tabla 14-1. A1 y A2 en centrales.

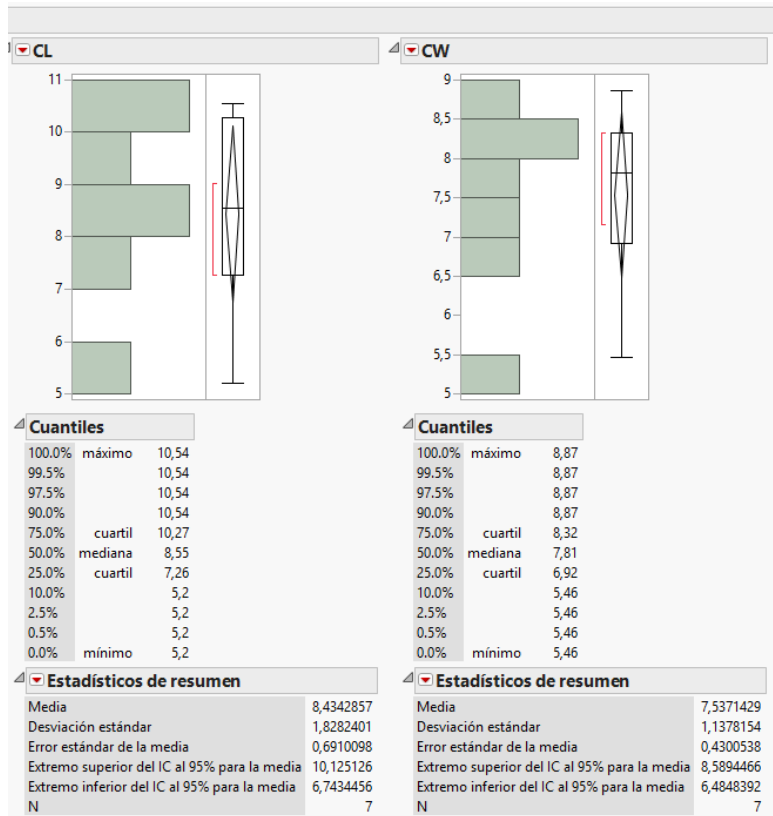


Tabla 14-2. CL y CW en centrales.

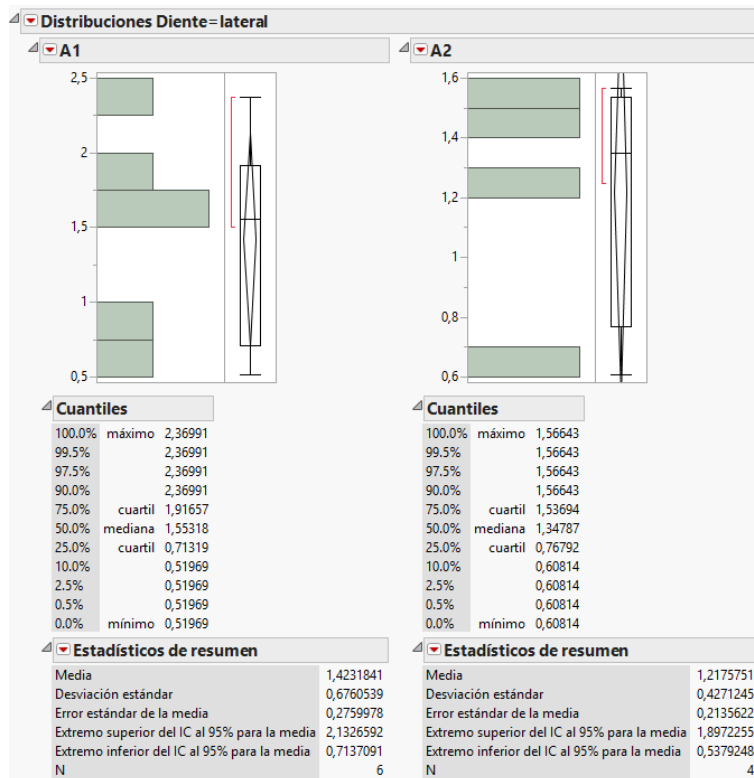


Tabla 15-1. A1 y A2 en laterales.

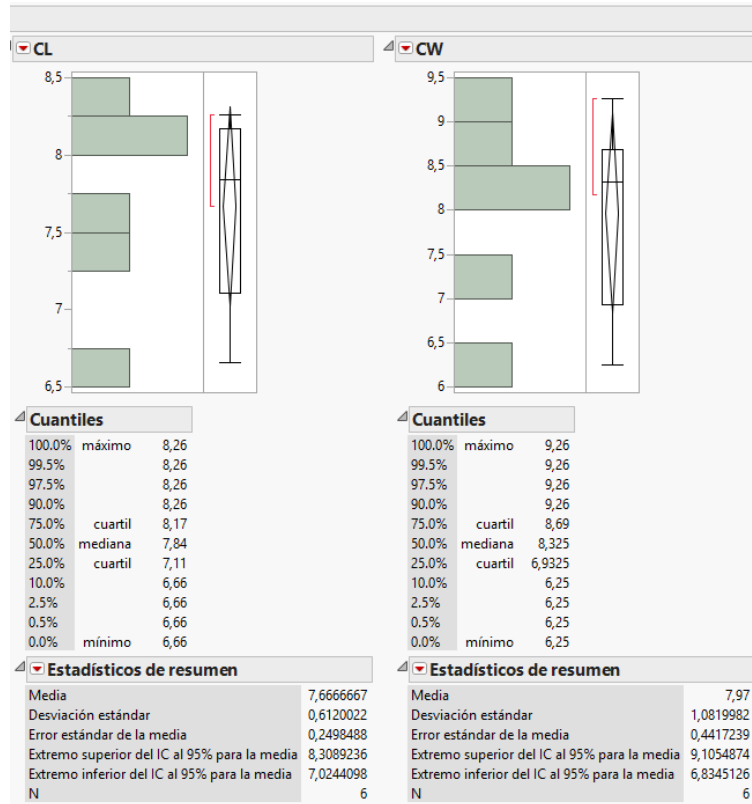


Tabla 15-2. CL y CW en laterales.

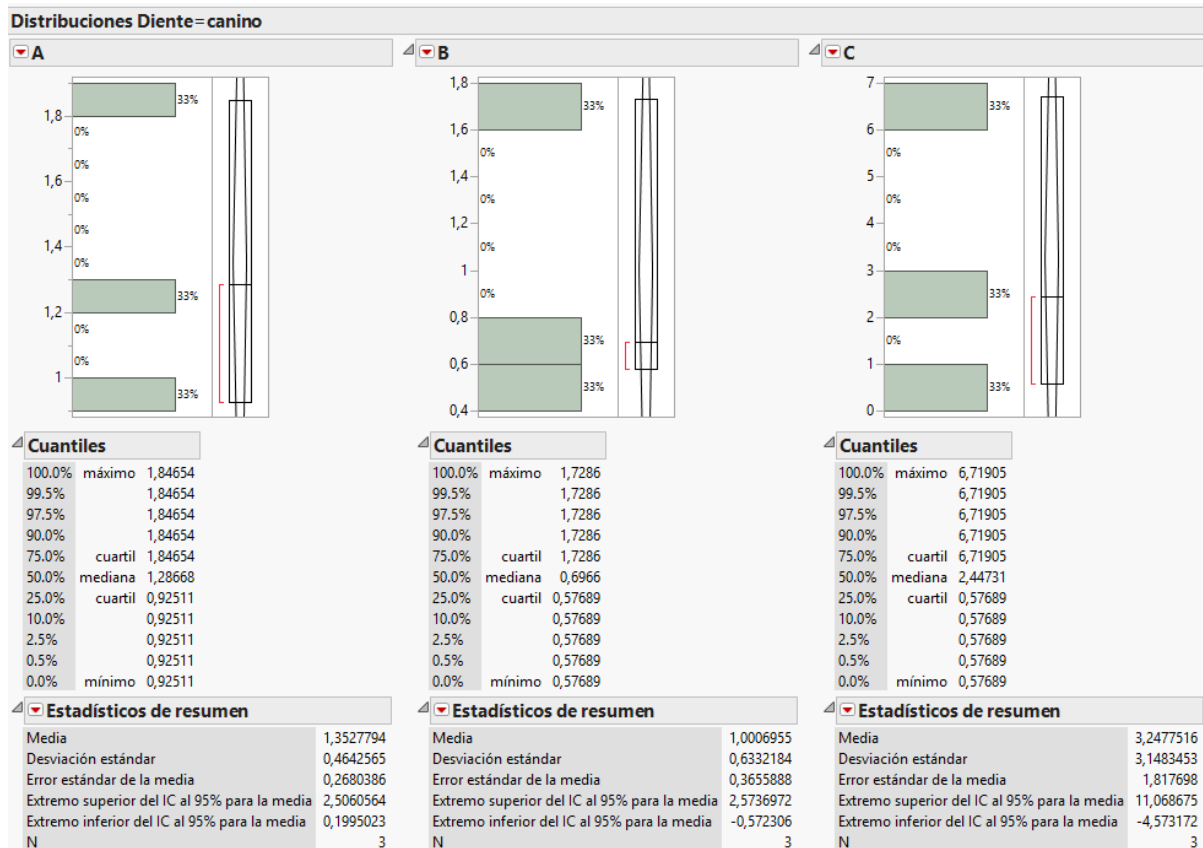


Tabla 16. Medidas A, B y C en caninos.

Distribuciones Diente= central

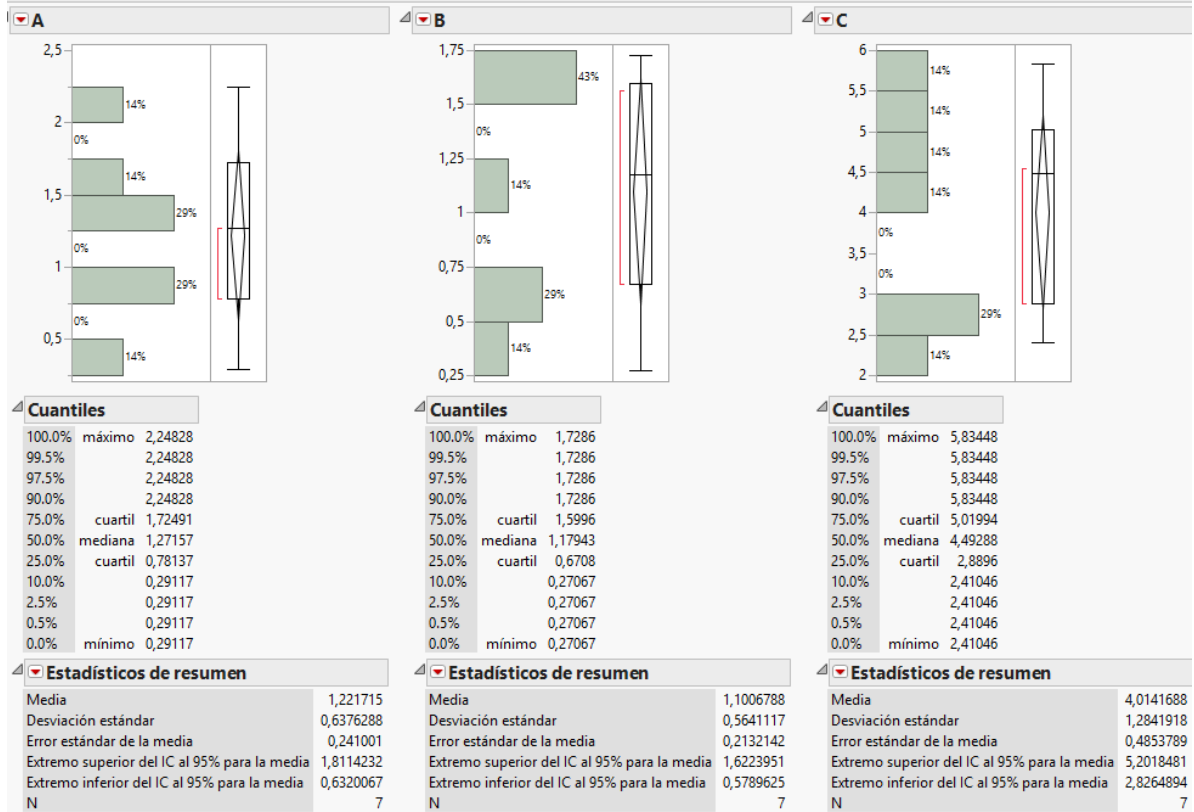


Tabla 17. Medidas A, B y C en centrales.

Distribuciones Diente=lateral

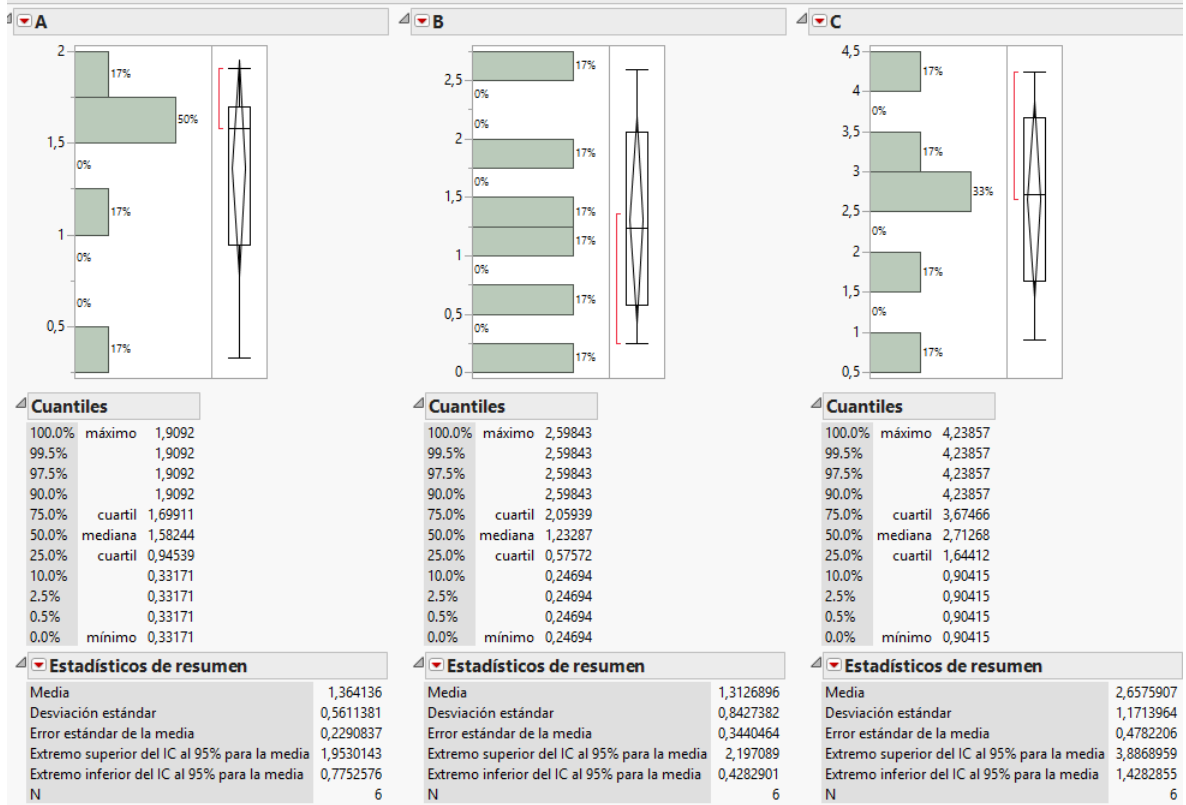


Tabla 18. Medidas A, B y C en laterales.

Distribuciones Diente=canino

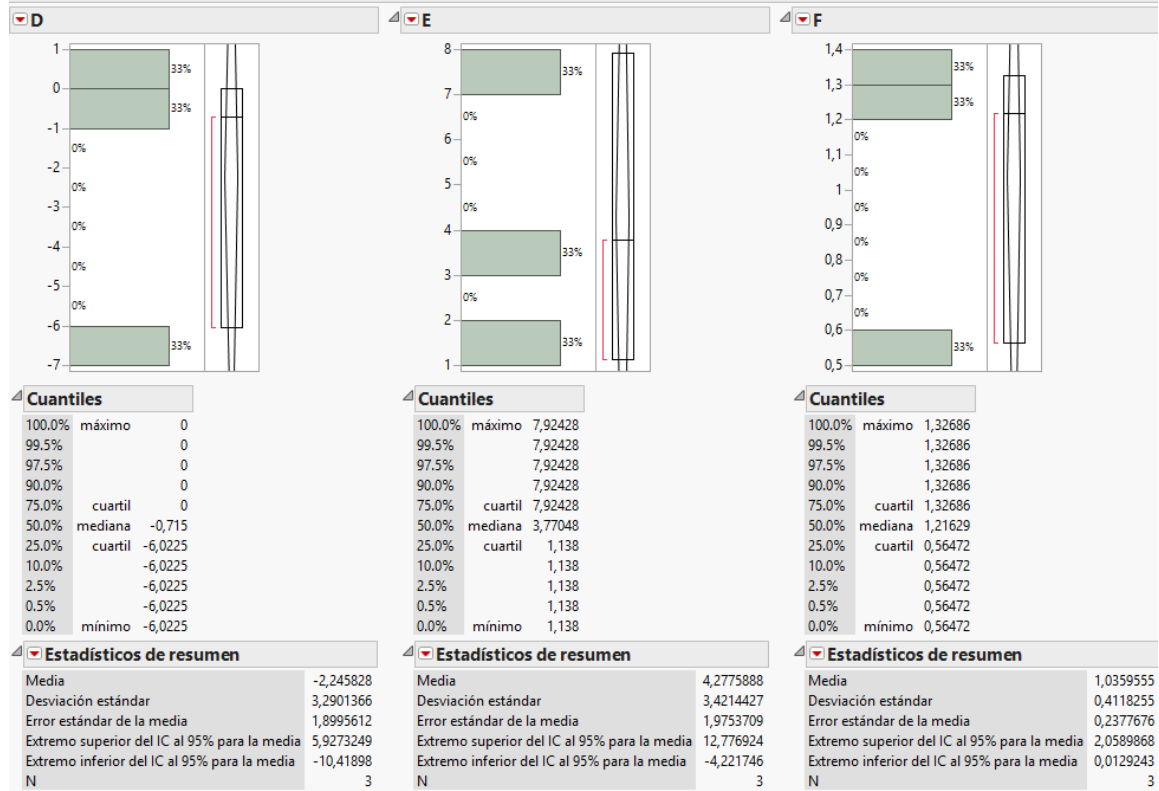


Tabla 19. Medidas D, E y F en caninos.

Distribuciones Diente=central



Tabla 20. Medidas D, E y F en centrales.

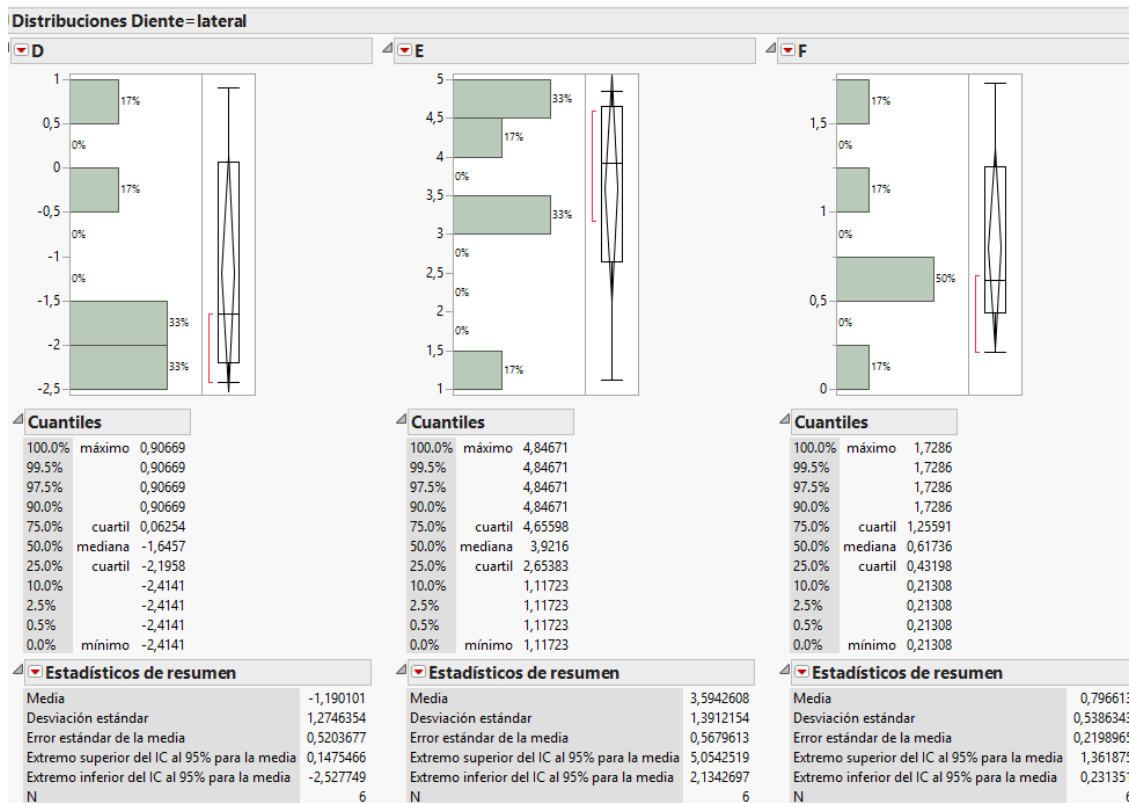


Tabla 21. Medidas D, E y F en laterales.

A continuación se muestran los histogramas obtenidos de cada atributo medido por separado a fin de analizar con más detalle la distribución de valores de cada variable.

A pesar de contar con un número reducido de muestras, los histogramas sugieren una posible agrupación de los valores, que podría coincidir con la división anatómica del biotipo gingival. Correspondiendo cada grupo a un biotipo. No obstante, teniendo tan pocos datos, no se puede realizar un análisis mayor, ya que lo que en nuestra población puede parecer un dato “outlier”, en realidad, puede no serlo.

Sin embargo, se ve claramente por ejemplo en el parámetro GW, correspondiente al grosor gingival, que tal y como se puede apreciar en la figura 57-3, sus valores se distribuyen en dos grupos:

- De 0.64 a 2.18 mm
- De 2.18 a 3.72 mm

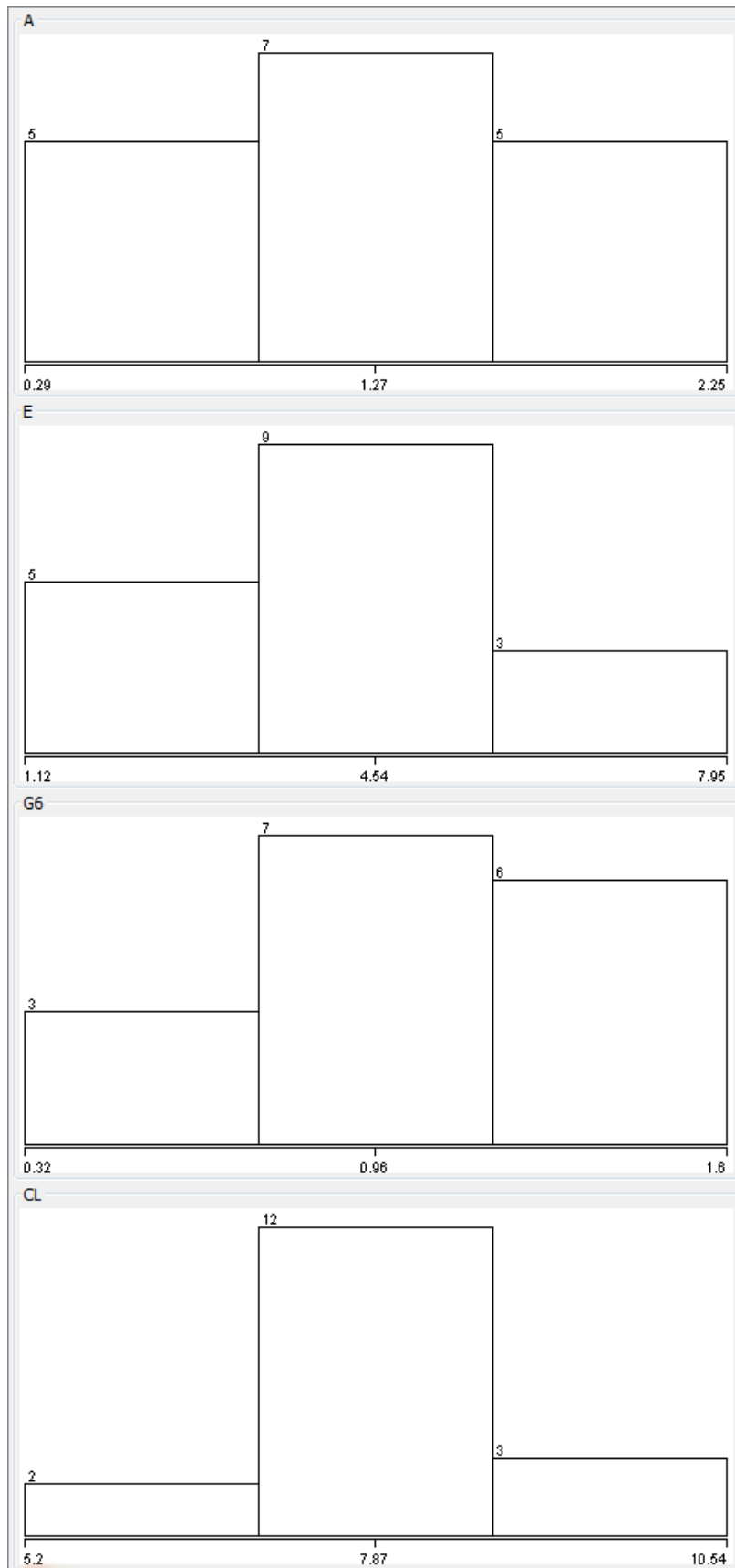


Figura 57-1. Distribución de los datos.

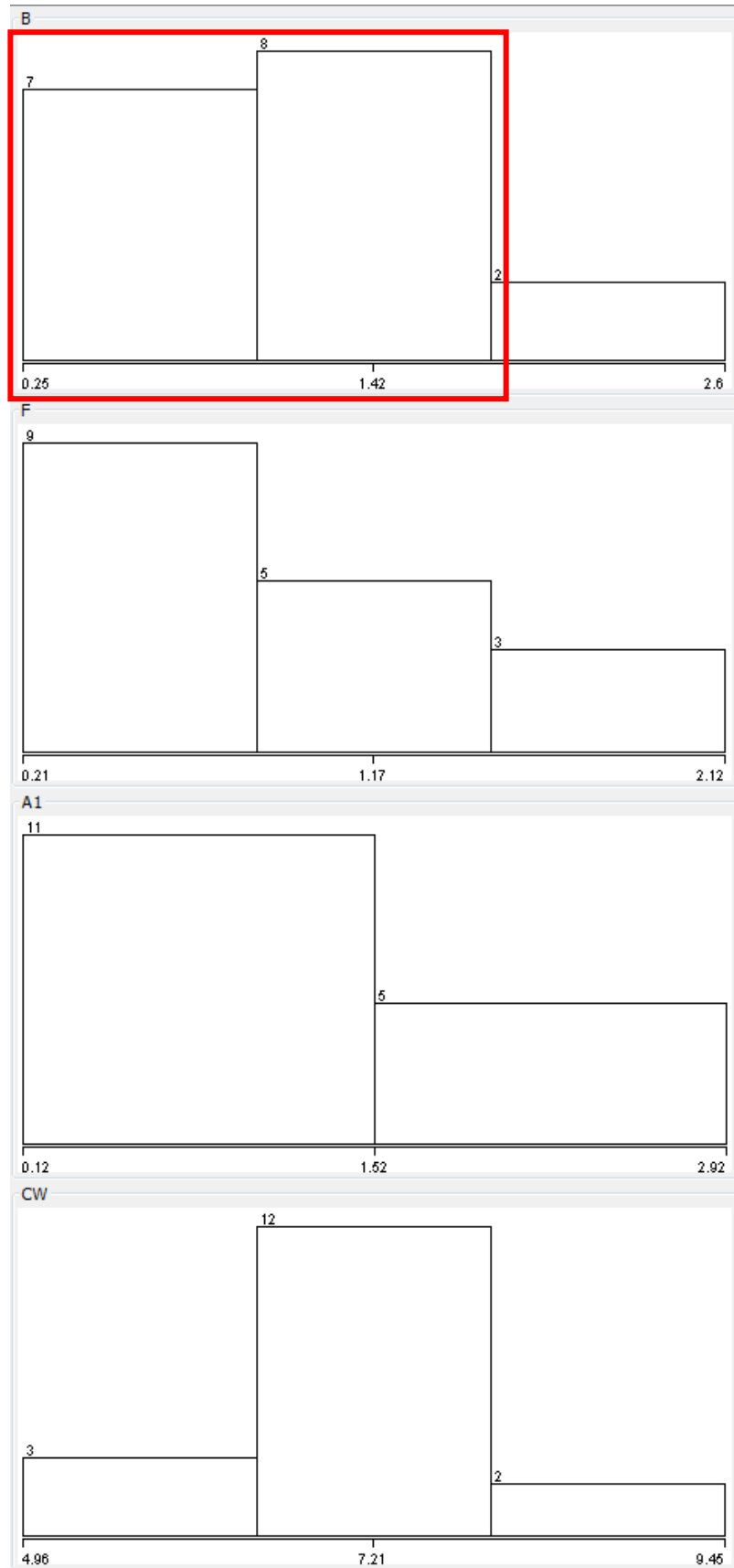


Figura 57-2. Continuación.

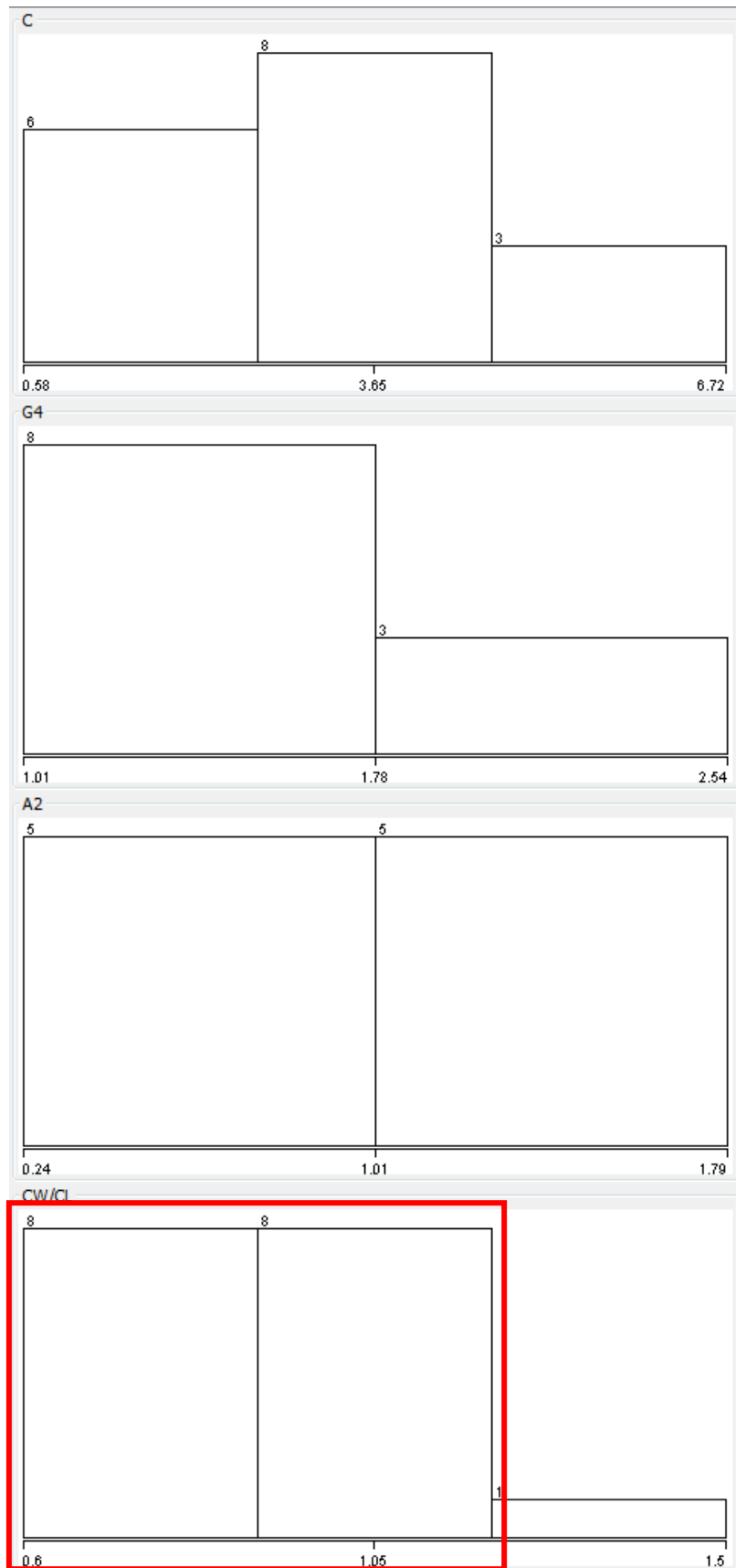


Figura 57-3. Continuación.

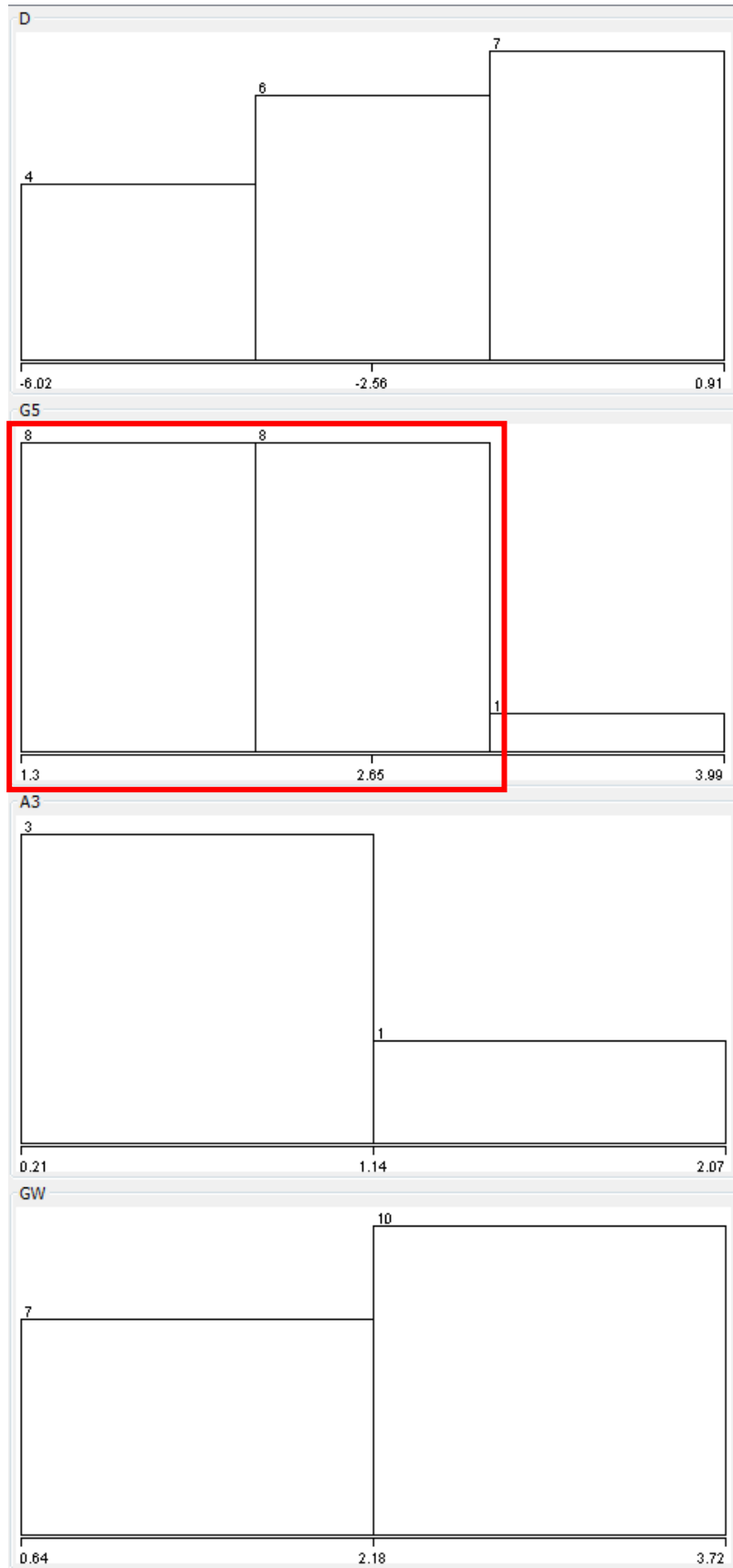


Figura 57-3. Continuación.

A continuación se muestran las tablas de correlación de las medidas transversales y longitudinales. **La correlación es significativa en el nivel 0.01. *La correlación es significativa en el nivel 0.05.

	A	B	C	D	E	F	G5	G6	A1	CL	CW	CW/CL	
A	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	1,00	-0,74	0,76	-0,87	0,70	-0,01	-0,84	0,83	-0,998*	0,47	-0,44	-0,81
B	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	-0,74	1,00	-0,13	0,32	0,51	0,37	0,38	0,04	0,69	0,71	0,71	0,40
C	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	0,47	1,00	0,92	0,80	0,98	0,25	-0,99	0,09	0,26	0,24	0,24	0,99
D	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	0,76	-0,13	1,00	-0,98	1,00	-0,99	0,27	-0,45	0,93	0,12	0,12	-0,87
E	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	0,45	0,92	0,12	0,12	0,06	0,08	0,83	0,41	0,25	0,84	0,25	0,85
D	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	-0,87	0,32	-0,98	1,00	-0,96	,998*	-0,45	0,90	-0,84	-0,06	-0,06	0,42
D	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	0,32	0,80	0,12	0,18	0,68	0,04	0,70	0,28	0,37	0,96	0,73	
E	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	0,70	-0,03	1,00	-0,96	1,00	-0,98	0,18	-0,74	0,96	0,34	-0,15	
E	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	0,51	0,98	0,06	0,18	0,50	0,14	0,89	0,47	0,19	0,78	0,91	
F	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	-0,01	0,68	0,64	-0,48	0,71	-0,53	-0,57	-0,05	0,88	0,90	0,60	
F	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	0,99	0,52	0,56	0,68	0,50	0,64	0,61	0,97	0,32	0,28	0,59	
G5	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	-0,84	0,25	-0,99	,998*	-0,98	1,00	-0,39	0,87	-0,87	-0,12	0,36	
G5	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	0,37	0,84	0,08	0,04	0,14	0,64	0,75	0,33	0,33	0,92	0,77	
G6	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	0,83	-0,99	0,27	-0,45	0,18	-0,39	1,00	-0,79	-0,11	-0,87	,999*	
G6	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	0,38	0,09	0,83	0,70	0,89	0,75	0,42	0,93	0,33	0,33	0,02	
A1	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	-,998*	0,69	-0,80	0,90	-0,74	0,87	-0,79	1,00	-0,52	0,38	0,77	
A1	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	0,04	0,51	0,41	0,28	0,47	0,33	0,42	0,65	0,65	0,75	0,44	
CL	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	0,47	0,26	0,93	-0,84	0,96	-0,87	-0,11	-0,52	1,00	0,59	0,14	
CL	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	0,69	0,84	0,25	0,37	0,19	0,33	0,93	0,65	0,60	0,60	0,91	
CW	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	-0,44	0,93	0,25	-0,06	0,34	-0,12	-0,87	0,38	0,59	1,00	0,88	
CW	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	0,71	0,24	0,84	0,96	0,78	0,92	0,33	0,75	0,60	0,31	0,31	
CW/CL	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	-0,81	0,99	-0,24	0,42	-0,15	0,36	-,999*	0,77	0,14	0,88	1,00	
CW/CL	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	0,40	0,07	0,85	0,73	0,91	0,77	0,02	0,44	0,91	0,31	0,00	

Tabla 22. Correlaciones dientes caninos.

	A	B	C	D	E	F	G4	G5	G6	A1	CL	CW	CW/CL	GW
A	1	-0,64	0,36	-0,57	0,25	-0,11	0,72	0,43	0,43	0,29	-0,57	0,44	0,53	0,038
		0,12	0,43	0,19	0,58	0,82	0,28	0,33	0,4	0,58	0,19	0,32	0,22	0,936
B		1	-0,1	0,47	0,09	0,4	-0,81	0,07	0,14	-0,55	,818*	-0,31	-0,799*	-0,138
			0,83	0,83	0,85	0,37	0,19	0,88	0,79	0,26	0,03	0,51	0,03	0,768
C			1	-0,1	,905**	0,14	-0,57	0,55	0,37	-0,44	-0,43	0,02	0,33	-0,575
				0	0,01	0,76	0,44	0,2	0,48	0,39	0,34	0,97	0,47	0,177
D				1	-0,04	0,02	0,34	-0,46	-0,22	0,11	0,7	-0,14	-0,6	0,458
					0,04	0,96	0,66	0,3	0,67	0,83	0,08	0,77	0,16	0,301
E					1	0,55	-0,45	,803*	0,52	-0,31	-0,36	0,31	0,31	-0,839*
						0,2	0,55	0,03	0,29	0,55	0,43	0,5	0,5	0,018
F						1	-0,08	,796*	0,14	0,43	0,01	0,69	0,08	-0,825*
							0,92	0,03	0,8	0,4	0,99	0,09	0,86	0,022
G4							1	0,04	0,99	0,9	-0,54	0,58	0,6	0,371
								0,96	0,1	0,28	0,47	0,42	0,4	0,629
G5								1	0,48	0,28	-0,29	0,71	0,32	-0,784*
									0,33	0,53	0,53	0,07	0,49	0,037
G6									1	-0,48	-0,07	0,15	0,02	-0,025
										0,34	0,89	0,77	0,97	0,962
A1										1	-0,41	0,75	0,53	-0,241
											0,42	0,08	0,28	0,645
CL											1	-0,54	-0,988**	0,334
												0,22	0	0,465
CW												1	0,63	-0,552
													0,13	0,199
CW/CL													1	-0,358
														0,431
GW														1

Tabla 23. Correlaciones dientes centrales.

	A	B	C	D	E	F	G4	G5	G6	A1	A2	CL	CW	CW/CL	
A	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	1,00	-0,41	-0,54	0,26	-0,49	-0,23	0,23	0,71	-0,34	,825*	,953*	,849*	-0,31	-0,67
B	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	0,41	1,00	0,27	0,61	0,33	0,67	0,71	0,12	0,04	0,05	0,03	0,55	0,15	
C	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	-0,41	0,41	1,00	0,25	0,58	-0,36	-0,30	0,61	-0,49	-0,44	-0,74	0,01	0,35	
D	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	0,26	0,25	0,27	1,00	0,79	-0,79	0,15	0,68	0,14	-0,66	-0,56	0,98	0,58	
E	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	0,26	0,25	0,27	0,49	1,00	0,06	0,28	0,19	0,72	0,15	0,10	0,46	0,23	
F	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	0,61	0,63	0,49	1,00	0,34	0,17	0,28	-0,19	0,17	0,17	0,10	0,10	-0,62	
G4	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	0,61	0,63	0,49	0,34	0,52	0,78	0,60	0,72	0,74	0,74	0,51	0,12	0,19	
G5	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	0,23	0,23	0,06	0,34	0,16	0,70	0,69	0,63	0,34	0,16	0,16	0,07	0,02	
G6	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	0,23	0,23	0,06	0,34	0,16	0,70	0,69	0,63	0,34	0,16	0,16	0,07	0,02	
A1	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	0,71	-0,30	-0,67	0,28	-0,21	0,42	0,900*	1,00	-0,73	,954**	0,00	0,08	0,68	
A2	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	0,12	0,56	0,15	0,60	0,69	0,41	0,04	0,12	0,00	0,18	0,29	0,88	0,68	
CL	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	-0,34	0,61	0,68	-0,19	0,25	-0,47	-0,73	1,00	-0,73	-0,50	-0,56	-0,21	0,11	
CW	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	0,51	0,20	0,14	0,72	0,63	0,34	0,16	0,12	0,10	0,51	0,25	0,70	0,83	
CW/CL	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	,825*	-0,49	-0,66	0,17	-0,27	0,31	0,74	,954**	-0,73	1,00	0,83	0,08	-0,31	
		0,04	0,33	0,15	0,74	0,60	0,55	0,16	0,00	0,10	0,18	0,09	0,88	0,55	
		,953*	-0,44	-0,90	0,49	-0,62	-0,21	0,69	0,82	-0,50	1,00	0,93	-0,46	-0,66	
		0,05	0,56	0,10	0,51	0,38	0,79	0,51	0,18	0,51	0,18	0,08	0,54	0,34	
		,849*	-0,74	-0,56	0,10	-0,54	-0,22	0,09	0,52	-0,56	0,74	0,93	1,00	-0,63	
		0,03	0,09	0,25	0,85	0,27	0,68	0,89	0,29	0,25	0,09	0,08	0,71	0,18	
		-0,31	0,01	0,38	-0,71	0,81	,866*	0,17	-0,21	0,08	-0,46	-0,20	1,00	,884*	
		0,55	0,98	0,46	0,12	0,05	0,03	0,78	0,88	0,70	0,54	0,71	,884*	0,02	
		-0,67	0,35	0,58	-0,62	,895*	0,77	0,09	0,11	-0,31	-0,66	-0,63	,884*	1,00	
		0,15	0,49	0,23	0,19	0,02	0,07	0,89	0,68	0,55	0,34	0,18	0,02		

Tabla 24. Correlaciones dientes laterales.

Era de especial relevancia mostrar los resultados estadísticos descriptivos obtenidos de las muestras de este estudio agrupadas por paciente. De este modo, también podemos observar la similitud o disparidad de las medidas dentro de la misma arcada dental.

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
G1	1	0,69	0,69	0,69	.
G2	1	2,09	2,09	2,09	.
G3	1	2,09	2,09	2,09	.
G4	2	1,41	2,54	1,98	0,80
G5	3	1,75	2,79	2,38	0,55
G6	3	0,32	1,26	0,93	0,53
A1	3	0,52	2,92	1,85	1,22
A2	1	1,79	1,79	1,79	.
A3	0				
CL	3	7,26	8,35	7,86	0,55
CW	3	7,16	9,45	8,27	1,15
CW/CL	3	0,98	1,19	1,05	0,12
GW_BF	3	1,62	2,27	1,92	0,33
A	3	0,50	1,58	1,12	0,56
B	3	0,58	1,12	0,80	0,29
C	3	0,58	1,68	1,05	0,57
D	3	-0,55	0,00	-0,26	0,28
E	3	1,12	2,16	1,47	0,59
F	3	0,21	0,56	0,42	0,18

Tabla 25. Caso 1.

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
G1	0				
G2	0				
G3	0				
G4	1	1,01	1,01	1,01	.
G5	2	1,30	1,68	1,49	0,27
G6	2	0,48	0,87	0,68	0,28
A1	2	0,21	0,82	0,52	0,43
A2	2	0,24	0,41	0,33	0,12
A3	2	0,24	0,47	0,35	0,16
CL	2	6,66	10,27	8,47	2,55
CW	2	8,32	8,50	8,41	0,13
CW/CL	2	0,67	1,06	0,87	0,27
GW_BF	2	1,86	3,46	2,66	1,13
A	2	0,29	1,58	0,94	0,91
B	2	1,57	1,88	1,73	0,22
C	2	2,76	2,89	2,83	0,09
D	2	-1,32	0,91	-0,21	1,58
E	2	3,38	3,91	3,65	0,37
F	2	0,64	1,01	0,83	0,26

Tabla 26. Caso 2.

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
G1	0				
G2	0				
G3	0				
G4	2	1,05	1,56	1,30	0,36
G5	2	2,76	3,99	3,38	0,87
G6	1	1,03	1,03	1,03	.
A1	1	1,34	1,34	1,34	.
A2	0				
A3	0				
CL	2	7,67	8,55	8,11	0,62
CW	2	8,87	9,26	9,07	0,28
CW/CL	2	0,86	1,01	0,94	0,10
GW_BF	2	1,54	1,69	1,62	0,11
A	2	0,33	1,27	0,80	0,66
B	2	0,27	1,36	0,82	0,77
C	2	3,49	4,54	4,02	0,74
D	2	-4,26	-2,12	-3,19	1,51
E	2	4,59	4,90	4,75	0,22
F	2	0,37	1,10	0,74	0,52

Tabla 27. Caso 3.

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
G1	1	0,81	0,81	0,81	.
G2	1	2,01	2,01	2,01	.
G3	2	0,72	1,76	1,24	0,73
G4	2	1,57	2,10	1,84	0,38
G5	3	1,70	2,33	2,11	0,36
G6	3	0,90	1,02	0,97	0,06
A1	3	0,52	1,60	1,21	0,60
A2	3	0,61	1,57	1,14	0,49
A3	1	2,07	2,07	2,07	.
CL	3	7,29	8,26	7,92	0,54
CW	3	5,46	7,77	6,49	1,17
CW/CL	3	0,60	0,97	0,75	0,19
GW_BF	3	1,54	2,73	2,31	0,67
A	3	0,51	1,63	1,00	0,57
B	3	0,67	2,14	1,30	0,76
C	3	1,89	2,71	2,34	0,41
D	3	-1,64	-0,57	-1,03	0,55
E	3	3,94	4,46	4,21	0,26
F	3	1,53	1,73	1,61	0,11

Tabla 29. Caso 5.

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
G1	0				
G2	0				
G3	0				
G4	1	1,28	1,28	1,28	.
G5	3	1,51	2,23	1,98	0,40
G6	3	0,97	1,60	1,36	0,34
A1	3	0,12	0,29	0,20	0,09
A2	2	0,27	0,27	0,27	0,00
A3	1	0,21	0,21	0,21	.
CL	3	7,20	10,54	8,58	1,74
CW	3	8,22	8,74	8,48	0,26
CW/CL	3	0,65	1,01	0,85	0,18
GW_BF	3	2,55	3,75	3,06	0,62
A	3	1,15	1,85	1,42	0,37
B	3	0,70	2,60	1,63	0,95
C	3	4,24	6,72	5,60	1,26
D	3	-6,02	-1,65	-3,97	2,20
E	3	4,85	7,95	6,91	1,78
F	3	0,59	2,12	1,31	0,77

Tabla 28. Caso 4.

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
G1	1	0,77	0,77	0,77	.
G2	1	1,95	1,95	1,95	.
G3	2	1,71	1,71	1,71	.
G4	2	1,14	2,49	1,81	0,95
G5	3	1,91	2,87	2,39	0,68
G6	3	0,74	1,43	1,08	0,49
A1	3	0,78	2,37	1,57	1,13
A2	3	1,45	1,45	1,45	.
A3	1				
CL	3	7,26	8,14	7,70	0,62
CW	3	6,92	8,18	7,55	0,89
CW/CL	3	0,87	0,91	0,89	0,03
GW_BF	3	2,16	2,51	2,34	0,25
A	3	0,78	1,91	1,35	0,80
B	3	0,25	1,73	0,99	1,05
C	3	2,66	2,91	2,79	0,18
D	3	-2,41	-1,18	-1,80	0,87
E	3	3,17	3,51	3,34	0,24
F	3	0,50	0,60	0,55	0,07

Tabla 30. Caso

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
G1	1				
G2	1				
G3	2				
G4	2	1,28	1,28	1,28	.
G5	3	2,18	2,22	2,20	0,03
G6	3	0,97	1,56	1,26	0,41
A1	3	1,06	1,77	1,41	0,50
A2	3	1,05	1,05	1,05	.
A3	1				
CL	3	5,20	9,02	7,11	2,70
CW	3	7,16	7,81	7,49	0,46
CW/CL	3	0,72	1,50	1,11	0,55
GW_BF	3	2,14	2,94	2,54	0,57
A	3	0,96	2,25	1,61	0,91
B	3	0,69	1,18	0,94	0,35
C	3	4,49	5,02	4,76	0,37
D	3	-4,33	-3,31	-3,82	0,72
E	3	5,37	5,69	5,53	0,23
F	3	0,35	1,22	0,79	0,62

Tabla 31. Caso 7.

6.2. Discusión

En el estudio de Stein, en el que está basado el estudio radiológico de este trabajo, se analizaron 60 sujetos saludables a nivel periodontal. En concreto, se examinó el incisivo izquierdo maxilar. Los parámetros que se midieron fueron:

- El ratio entre el grosor de la corona y su longitud (CW/CL)
- EL grosor de la encía (GW)
- El festón gingival (SC)
- Y la transparencia de la sonda periodontal a través del surco gingival (TRAN)
- Dimensiones de la encía y del hueso alveolar siguiendo el método de Alpiste-Illueca de PPRx

En este estudio concluyeron que, el ratio CW/CL y el grosor gingival (GW), podrían resultar buenos candidatos a la hora de anticipar el grosor gingival a nivel de la unión amelocementaria, incluso, dicho ratio, podría ser un indicador válido para predecir el grosor de la cresta alveolar.

Además, obtuvieron que el cociente CW/CL y el GW eran predictores significativos de G3, mientras que únicamente CW/CL era un predictor significativo de A1.

El equipo liderado por Gargiulo, gracias a su estudio, ya adelantó que existía cierta proporcionalidad dimensional entre la unión dentogingival y el resto de tejidos de soporte dental, fortificaron el concepto de dicha unión y establecieron las bases de los numerosos estudios que se han realizado desde entonces.

En su estudio, enfatizaron la importancia del tejido conectivo supracrestal y el epitelio de unión, siendo este último además, el de longitud más variable de entre todos los atributos y distancias medidos.

6.2.1. Estudio de Stein: comparativa

Estos son los datos que obtuvo Stein para el diente incisivo izquierdo central:

	Media	Desviación estándar	Min	Max
G1 (mm)	0,59	0,17	0,22	1,13
G2 (mm)	0,96	0,24	0,43	1,42
G3 (mm)	1,25	0,35	0,52	2,06
G4 (mm)	1,43	0,35	0,68	2,13
G5 (mm)	1,46	0,37	0,52	2,39
G6 (mm)	0,79	0,21	0,47	1,57
A1 (mm)	0,57	0,23	0,2	1,58
A2 (mm)	0,77	0,3	0,23	1,78
A3 (mm)	0,85	0,45	0,23	3,01
CW/CL (mm)	0,72	0,09	0,55	1
GW (mm)	4,92	1,01	2,5	7

Tabla 32. Resultados Stein.

En este estudio, no se ha hecho distinción entre incisivo central izquierdo o derecho, al no considerarse relevante su diferencia a nivel estructural.

	Media	Desviación estándar	Min	Max
G1 (mm)				
G2 (mm)				
G3 (mm)	0,4		0,4	0,4
G4 (mm)	0,99	0,33	0,63	1,59
G5 (mm)	1,38	0,36	0,99	2,05
G6 (mm)	0,71	0,29	0,32	1,15
A1 (mm)	0,52	0,48	0,18	1,57
A2 (mm)	0,43	0,43	0,17	1,18
A3 (mm)	0,21	0,07	0,13	0,27
CW/CL (mm)	0,88	0,16	0,65	1,06
GW (mm)	2,53	0,88	1,54	3,75

Tabla 33. Resultados medición en Rx de este estudio.

Al comparar ambos resultados obtenidos, se puede ver como los atributos G5, G6, A1 y el ratio CW/CL son bastante similares.

Este autor, atribuye las diferencias existentes a los siguientes motivos:

- Pacientes en el caso de Stein, necropsias en este estudio.
- En las muestras de Stein, eran individuos con periodonto sano.
- Precisión de la selección de los puntos de medida.
- Diferencias de interpretación de las radiografías.
- Número de muestras de cada estudio, así como su clasificación biológica: edad, sexo, etc.

En la siguiente tabla, se muestran los resultados obtenidos tras realizar las mediciones más precisas bajo microscopio óptico.

	Media	Desviación estándar	Min	Max
G1 (mm)				
G2 (mm)				
G3 (mm)				
G4 (mm)	1,22	0,25	1,01	1,56
G5 (mm)	2,24	0,92	1,30	3,99
G6 (mm)	1,08	0,41	0,48	1,60
A1 (mm)	0,50	0,49	0,12	1,34
A2 (mm)	0,30	0,08	0,24	0,41
A3 (mm)	0,31	0,14	0,21	0,47
CW/CL (mm)	0,88	0,16	0,65	1,06
GW (mm)	2,53	0,88	1,54	3,75

Tabla 34. Resultados de este estudio. Medidas por microscopio óptico.

Al comparar los datos obtenidos por microscopio, con los de Stein, vemos que las similitudes se mantienen.

En el estudio de Stein, también se obtuvo la matriz de correlaciones. En la tabla 35, podemos ver la matriz de correlaciones que se ha realizado en este estudio con las medidas obtenidas directamente de las radiografías.

		G4	G5	G6	A1	A2	A3	CW/CL	GW
G4	Correlación de Pearson	1,00	,845*	-0,04	,767*	0,82	-0,60	0,14	0,63
	Sig. (bilateral)		0,02	0,93	0,04	0,09	0,59	0,77	0,13
G5	Correlación de Pearson	,845*	1,00	-0,12	,842*	,925*	0,97	0,61	0,23
	Sig. (bilateral)	0,02		0,81	0,02	0,02	0,16	0,14	0,63
G6	Correlación de Pearson	-0,04	-0,12	1,00	-0,60	-0,84	-0,06	-0,08	-0,37
	Sig. (bilateral)	0,93	0,81		0,16	0,07	0,96	0,86	0,41
A1	Correlación de Pearson	,767*	,842*	-0,60	1,00	,997**	0,70	0,40	0,47
	Sig. (bilateral)	0,04	0,02	0,16		0,00	0,51	0,38	0,28
A2	Correlación de Pearson	0,82	,925*	-0,84	,997**	1,00	0,83	0,46	0,42
	Sig. (bilateral)	0,09	0,02	0,07	0,00		0,38	0,44	0,48
A3	Correlación de Pearson	-0,60	0,97	-0,06	0,70	0,83	1,00	0,71	-0,83
	Sig. (bilateral)	0,59	0,16	0,96	0,51	0,38		0,50	0,37
CW/CL	Correlación de Pearson	0,14	0,61	-0,08	0,40	0,46	0,71	1,00	-0,40
	Sig. (bilateral)	0,77	0,14	0,86	0,38	0,44	0,50		0,37
GW	Correlación de Pearson	0,63	0,23	-0,37	0,47	0,42	-0,83	-0,40	1,00
	Sig. (bilateral)	0,13	0,63	0,41	0,28	0,48	0,37	0,37	

Tabla 35. Matriz correlaciones medidas Rx. * La correlación es significativa en el nivel 0.05. ** La correlación es significativa en el nivel 0.01.

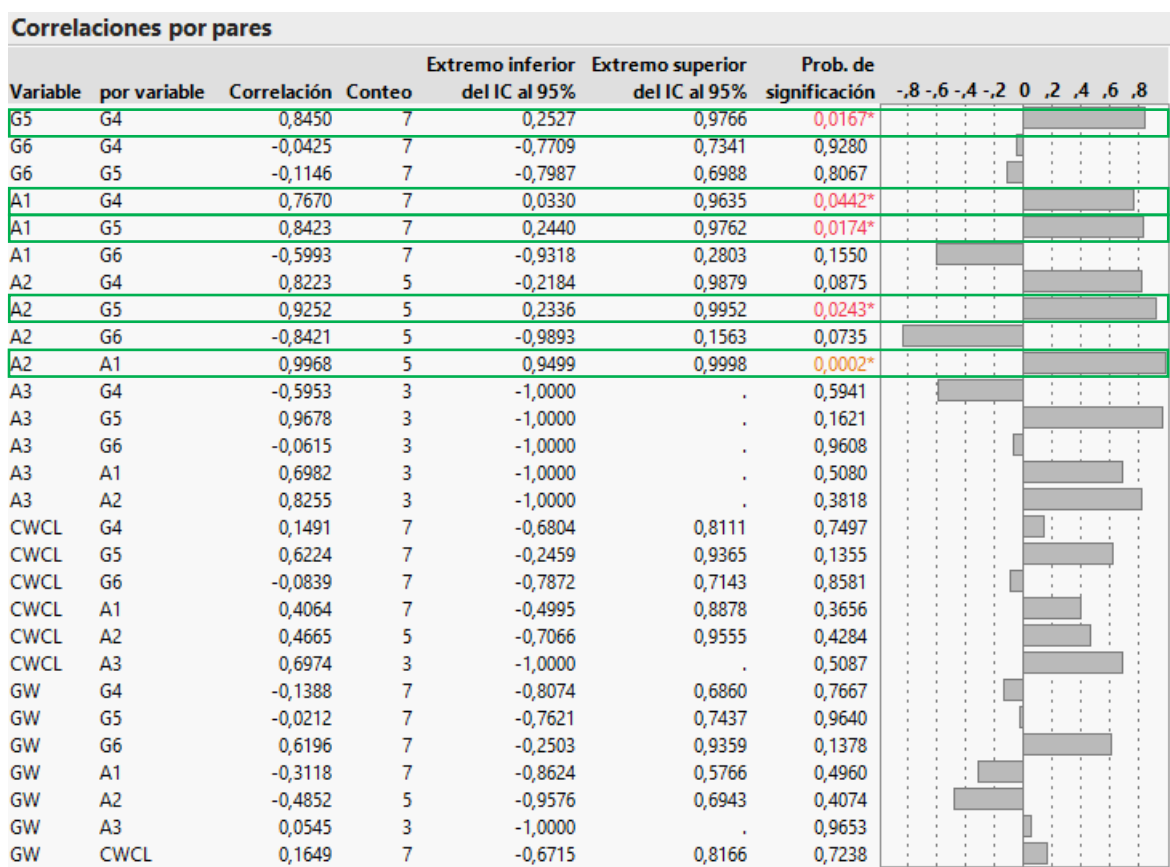


Figura 58. Correlación por pares para comparar con los resultados de Stein. Rojo: la correlación es significativa en el nivel 0.05. Amarillo: la correlación es significativa en el nivel 0.01.

Según los resultados de este estudio, se observa una fuerte correlación positiva entre los siguientes atributos:

- G5 y G4
- A1 y G4
- A1 y G5
- A2 y G5
- A1 y A2

En este caso, los resultados obtenidos no coinciden con los obtenidos por Stein, ya que en su estudio, encontró una correlación significativa positiva entre el ratio CW/CL y el resto de parámetros. Los datos de este estudio arrojan una correlación positiva también, salvo para G6, sin embargo su probabilidad de significación no es la deseada.

Stein, también comparó los grosores del tejido blando con el óseo, obteniendo una correlación positiva entre los diferentes grosores de la encía con el grosor del hueso alveolar. Esto también se dio en los resultados de este estudio, con la salvedad de G6. Además, en este caso, con unas probabilidades de significación en el nivel 0.05.

Las medidas obtenidas bajo microscopía óptica, no otorgaron más información al estudio, obteniendo resultados muy similares en cuanto a correlación, tal y como se puede observar en la tabla 23.

6.2.2. Estudio Gargiulo: comparativa

En el estudio de Gargiulo, se dividieron las muestras por fases, según el estado de las muestras. Por similitud, las muestras del estudio de este trabajo se compararán con las medidas obtenidas para la fase 4 de Gargiulo. En su trabajo, no especificó qué diente en concreto utilizó para las medidas, por lo que tomaremos las medidas realizadas de todas las muestras de este estudio.

	Mínimo	Máximo	Media
A	0	2,25	1,76
B	0,08	2,65	0,71
C	0,39	6,08	1,41
D	-0,03	5,84	-1,14
E	1,1	10,88	2,81
F	0	6,52	1,06

Tabla 36. Resultados de Gargiulo y cols.

	Mínimo	Máximo	Media
A	0,29	2,25	1,18
B	0,25	2,60	1,18
C	0,58	6,72	3,28
D	-6,02	0,91	-1,99
E	1,12	7,95	4,25
F	0,21	2,12	0,93

Tabla 37. Resultados de este estudio

	Mínimo	Máximo	Media
A	0,50	1,58	1,12
B	0,58	1,12	0,80
C	0,58	1,68	1,05
D	-0,55	0,00	-0,26
E	1,12	2,16	1,47
F	0,21	0,56	0,42

Tabla 38. Sólo caninos.

	Mínimo	Máximo	Media
A	0,51	2,25	1,33
B	0,25	2,14	1,10
C	1,89	5,02	2,93
D	-4,33	-0,57	-1,83
E	3,17	5,37	4,11
F	0,35	1,73	1,05

Tabla 40. Sólo laterales.

	Mínimo	Máximo	Media
A	0,29	1,85	1,11
B	0,27	2,60	1,43
C	2,76	6,72	4,35
D	-6,02	0,91	-2,67
E	3,38	7,95	5,36
F	0,37	2,12	1,01

Tabla 39. Sólo centrales.

	A	B	C	D	E	F
Gargiulo	1,76	0,71	1,41	-1,14	2,81	1,06
Canino	1,123333	0,796667	1,053333	-0,25667	1,473333	0,416667
Central	1,105714	1,425714	4,352857	-2,67286	5,357143	1,007143
Lateral	1,325	1,096667	2,933333	-1,83333	4,113333	1,045
Todos	1,1776	1,1841	3,2776	-1,9876	4,2524	0,9288

Tabla 41. Comparativa de medias obtenidas método Gargiulo y este estudio.

Se pueden observar algunas similitudes entre los datos obtenidos, no obstante, las medidas tomadas del atributo E, son extremadamente diferentes a las obtenidas por Gargiulo. Hay que destacar, que en el estudio de Gargiulo no se especifica el diente en concreto que se utilizó para su análisis. Es posible que esta variabilidad y diferencia de los resultados sea debido a esto, además de:

- Precisión de la selección de los puntos de medida
- Diferencias de interpretación morfométrica
- Número de muestras de cada estudio, así como su clasificación biológica: edad, sexo, etc.

Cabe destacar, que Gargiulo no realizó un análisis de correlación de los datos obtenidos. No resultaba relevante, ya que algunas de las medidas estaban contenidas en otras, por lo que los resultados no serían significativos, es decir, si $X+Y = Z$, es evidente que Z estará correlacionada con X e Y.

6.3. Análisis de la correlación entre las medidas longitudinales y transversales

En esta sección, se analiza la relación existente entre las medidas tomadas longitudinalmente con las medidas transversales. El objetivo es describir una posible asociación entre estas.

Como se ha comentado antes, serán de especial relevancia únicamente las correlaciones que establezcan una relación entre una medida transversal y una longitudinal. Así, dividiendo los casos por diente, obtenemos:

Correlación en caninos:

- A con A1
- G5 con D
- G6 con CW/CL

Correlación en centrales:

- B con CW/CL
- G5 con E y F

Correlación en laterales:

- A con A1, A2 y CL
- E con CW/CL

Estás han sido las únicas correlaciones con índices de significancia dentro del nivel de confianza mínimo de 0.05, siendo algunas de ellas, del nivel 0.01, tal y como se puede observar en las tablas de correlaciones.

Estos datos serán de especial relevancia en el apartado siguiente, pues partiremos de las relaciones entre estas variables para realizar un estudio sobre los posibles modelos de regresión aplicables.

6.4. Análisis de regresión

Para analizar la relación entre los diferentes parámetros que se han medido durante este estudio, se han sometido los datos a diferentes modelos de regresión.

Teniendo en cuenta los coeficientes de correlación más significativos de cada diente, se han obtenido los siguientes modelos.

Caninos

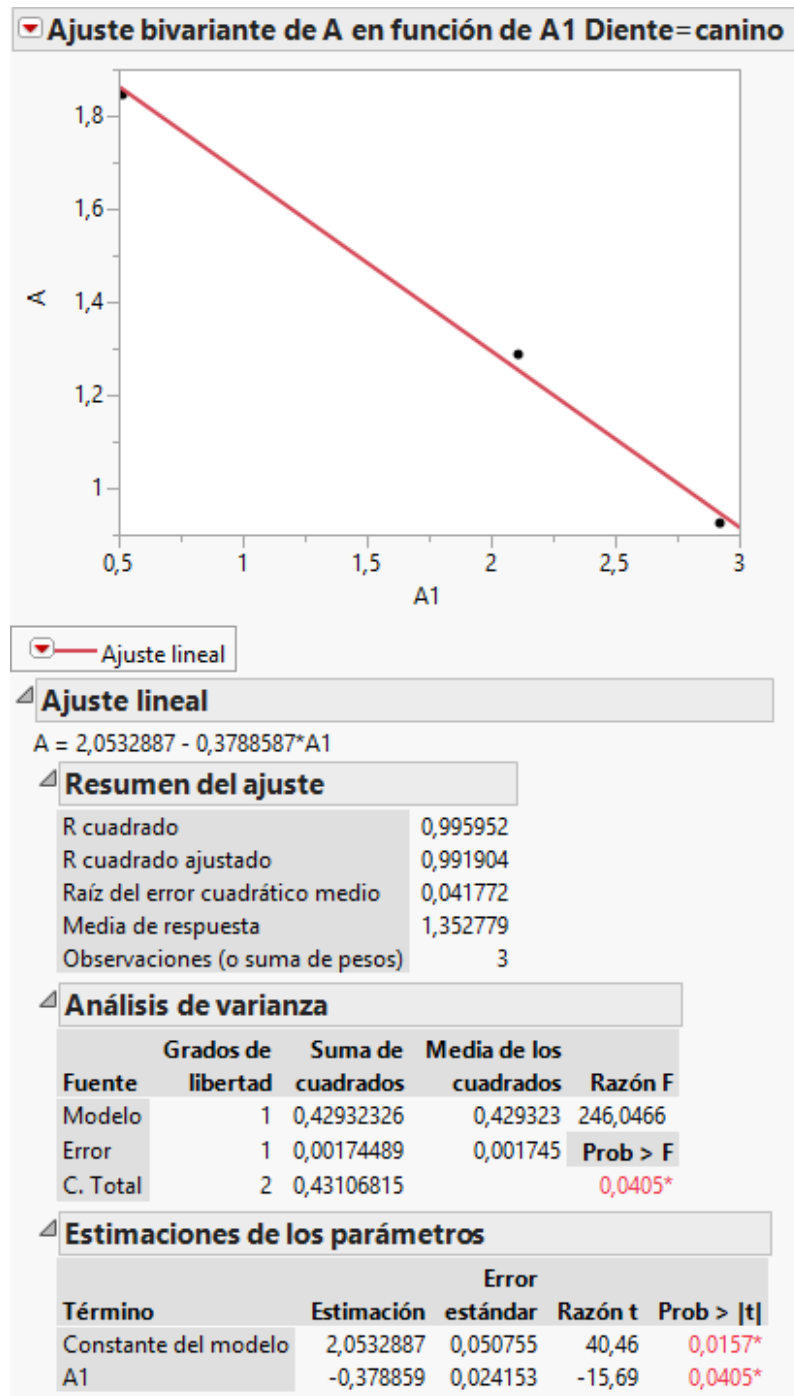


Figura 59. A en función de A1, caninos.

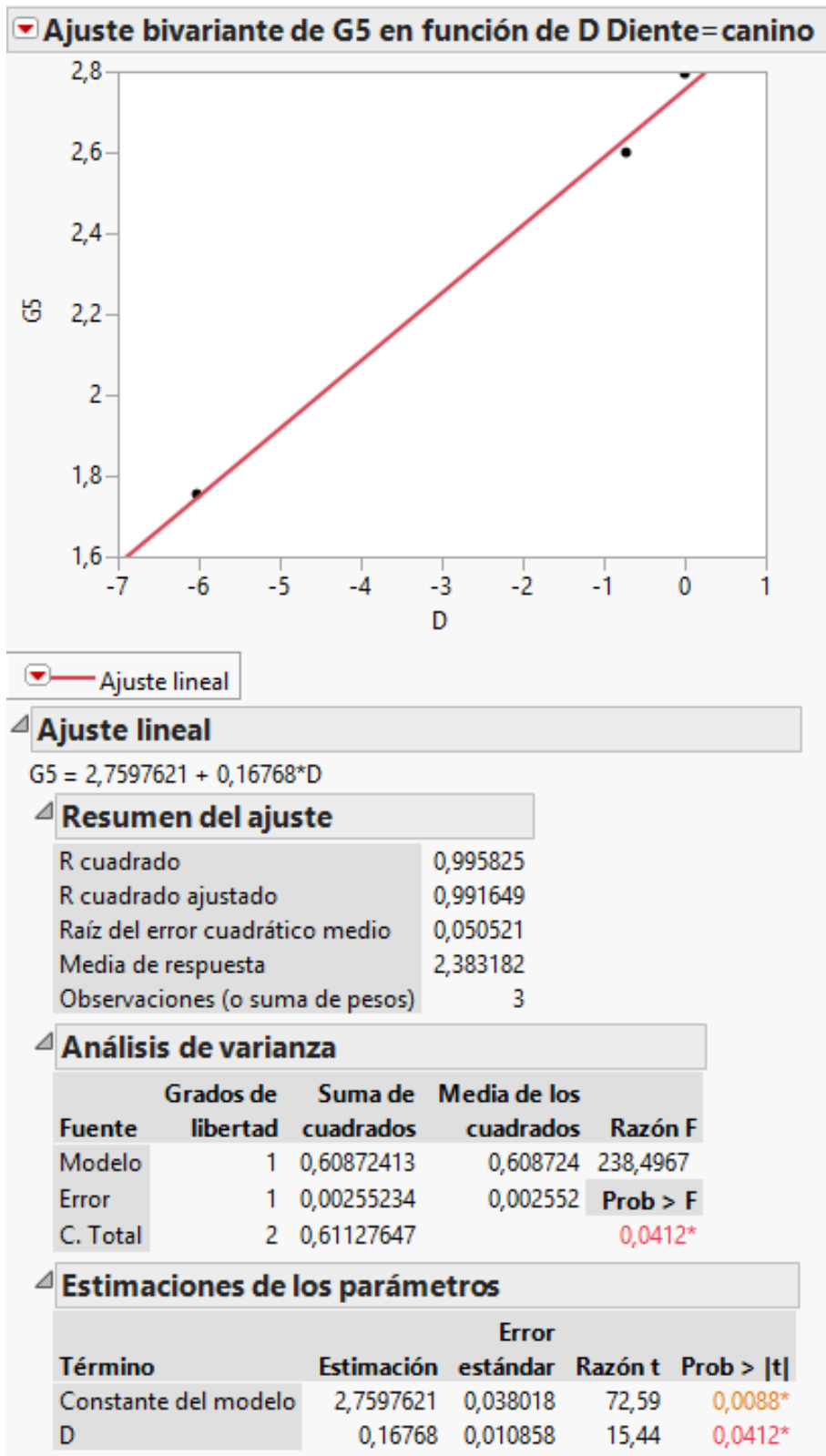


Figura 60. G5 en función de D, caninos.

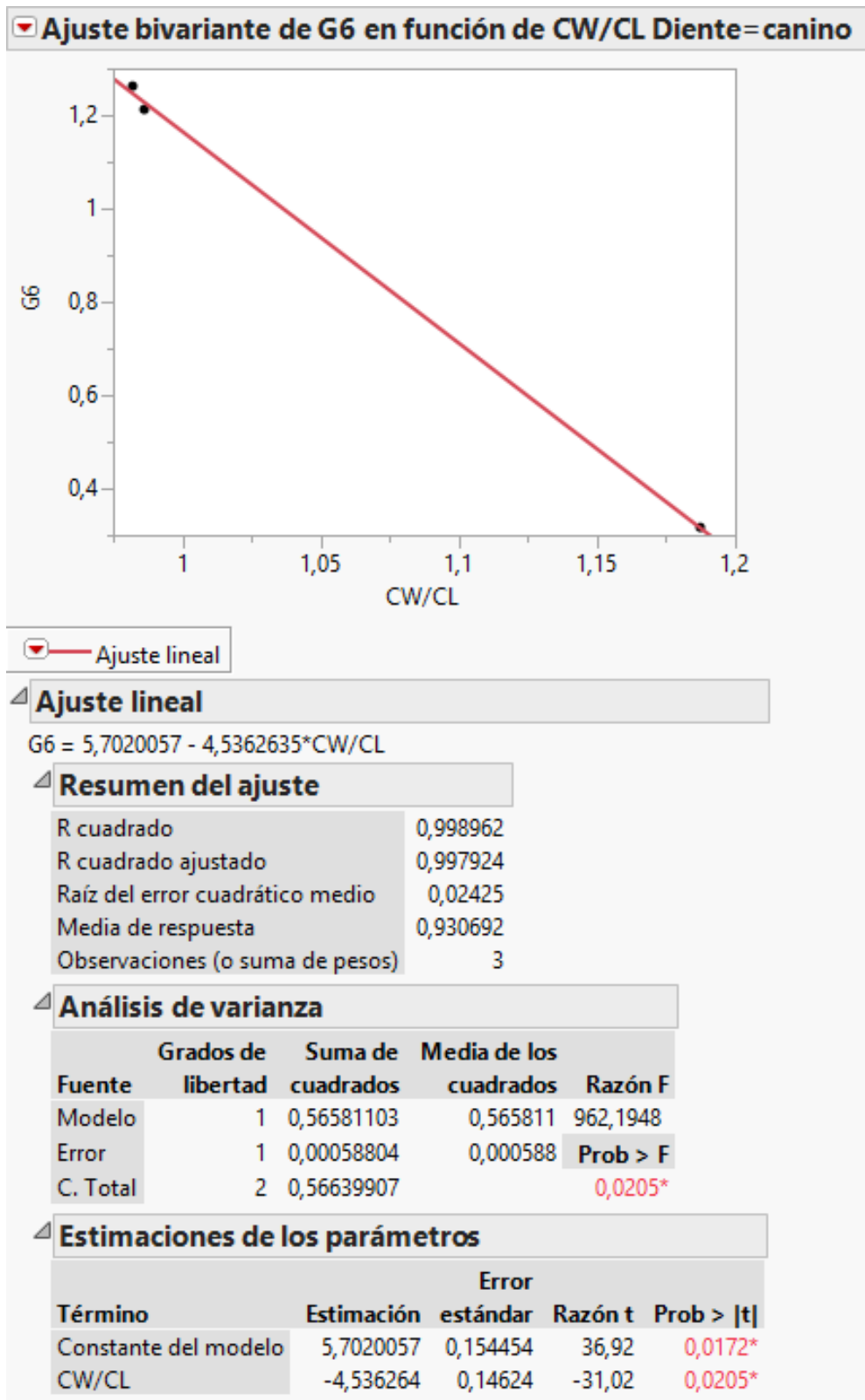


Figura 61. G6 en función de CW/CL, caninos.

Centrales

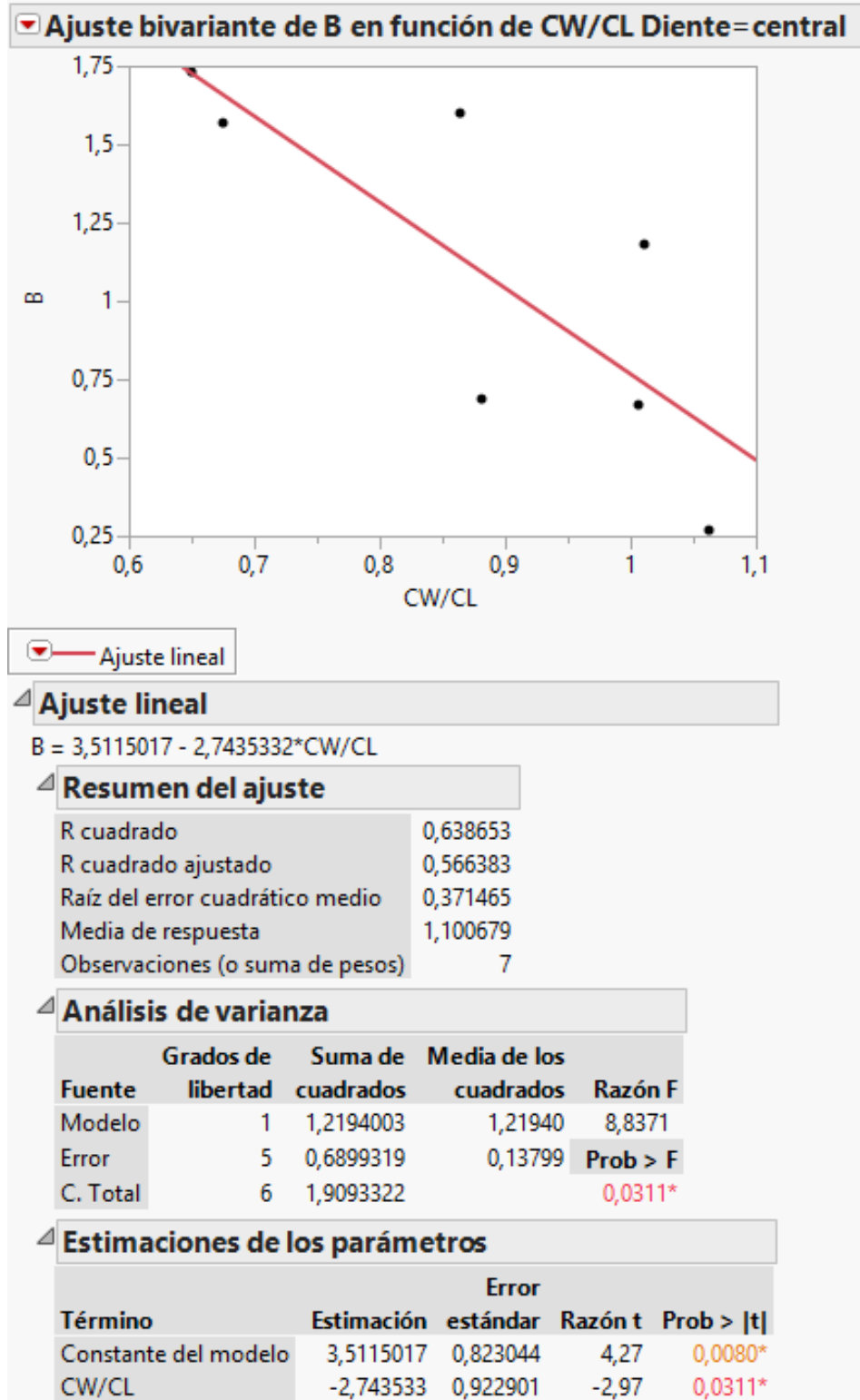


Figura 62. B en función de CW/CL, centrales.

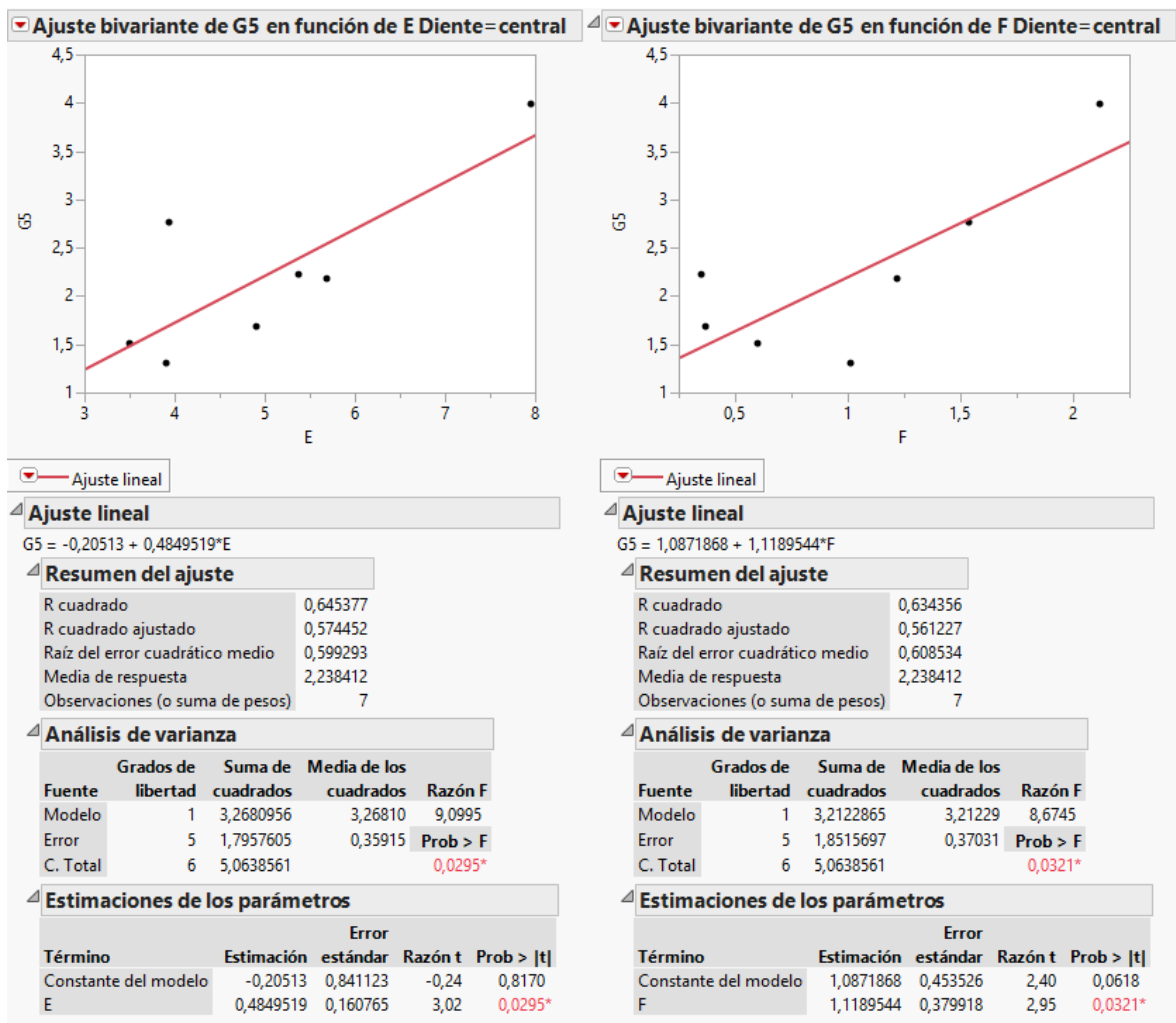


Figura 63. G5 en función de E y F, centrales.

Laterales

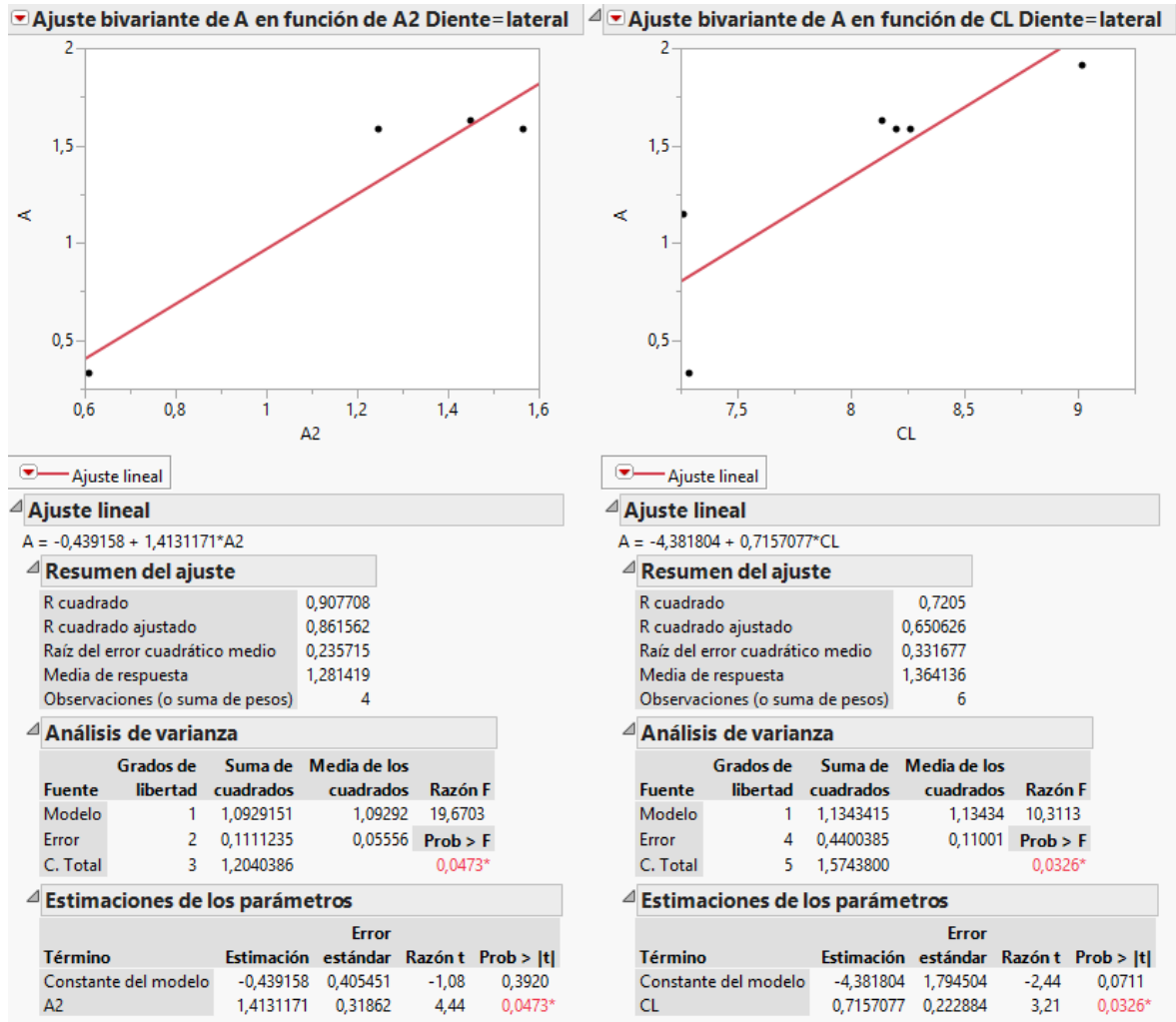


Figura 64. A en función de A2 y CL, laterales.

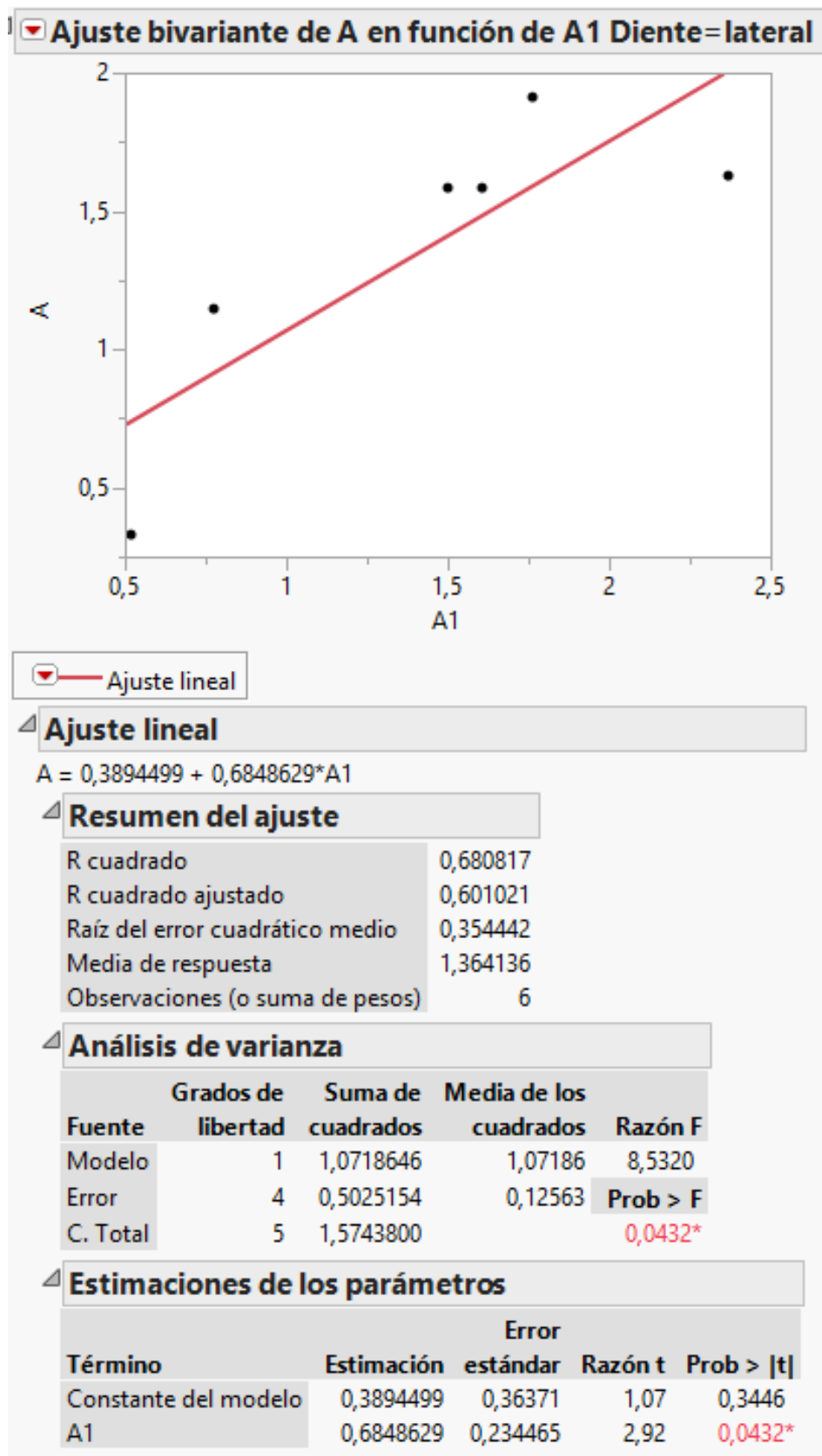
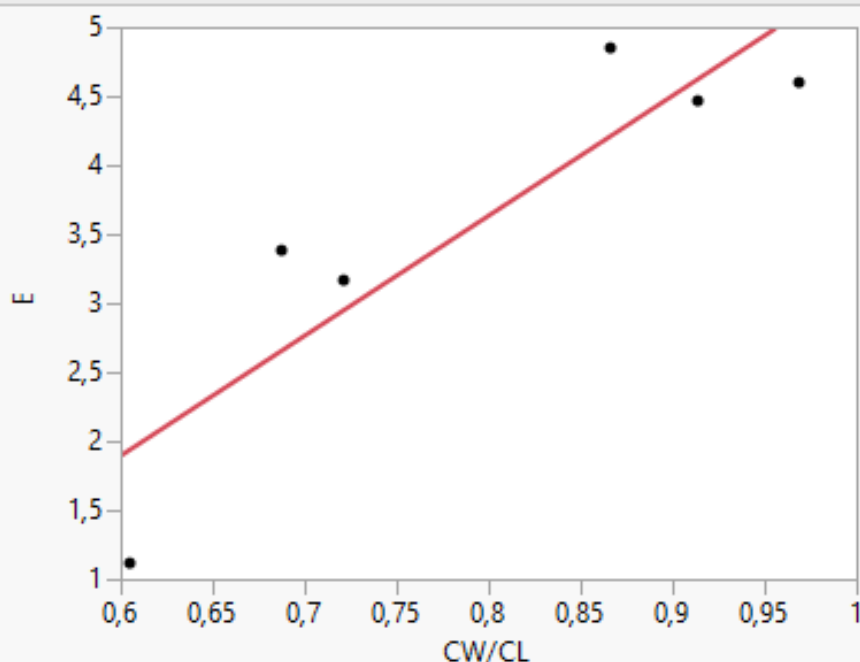


Figura 65. A en función de A1, laterales.

▼ **Ajuste bivalente de E en función de CW/CL Diente=lateral**



▼ **Ajuste lineal**

▲ **Ajuste lineal**

$$E = -3,310821 + 8,6982108 \cdot CW/CL$$

▲ **Resumen del ajuste**

R cuadrado	0,800374
R cuadrado ajustado	0,750467
Raíz del error cuadrático medio	0,694958
Media de respuesta	3,594261
Observaciones (o suma de pesos)	6

▲ **Análisis de varianza**

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de los cuadrados	Razón F
Modelo	1	7,7455381	7,74554	16,0374
Error	4	1,9318641	0,48297	Prob > F
C. Total	5	9,6774021		0,0161*

▲ **Estimaciones de los parámetros**

Término	Estimación	Error estándar	Razón t	Prob > t
Constante del modelo	-3,310821	1,74744	-1,89	0,1310
CW/CL	8,6982108	2,172013	4,00	0,0161*

Figura 66. E en función de CW/CL, laterales.

7. CONCLUSIONES Y CONFIRMACIÓN DE HIPÓTESIS

Conclusiones

Gracias a este trabajo, se ha podido caracterizar la unión dentogingival utilizando dos técnicas totalmente diferentes, como lo son las imágenes obtenidas radiológicamente y las obtenidas por microscopía óptica.

Se puede concluir que la técnica radiológica, aun sin tener la misma precisión que se ha alcanzado con el microscopio, los resultados han sido suficientemente significativos como para ser aceptables. Éstos han sido muy parecidos a los de estudios realizados por investigadores de renombre en el cambio de la odontología y las diferencias obtenidas pueden ser atribuidas al tamaño de la muestra, al estado de las muestras y a las técnicas utilizadas para realizar las mediciones.

Del mismo modo, las mediciones realizadas en imágenes de microscopía óptica, también han sido muy similares a otros estudios anteriormente publicados por otros autores, por lo que, a pesar de las diferencias evidentes en la calidad y cantidad de las muestras, se pueden calificar de significativos.

Al agrupar los datos obtenidos por paciente, se ha podido observar como las piezas dentales: canino, lateral y central de una misma arcada, poseen características gingivales parecidas, a pesar de las diferencias de la forma de la pieza dental.

Ha resultado esclarecedor, el hecho de que los valores de cada medición, sugerían una cierta agrupación, que podríamos asociar a los dos tipos de biotipo gingival de los que se ha hablado a lo largo de este trabajo. No obstante, debido a la baja cantidad de muestras analizadas, este hecho no ha podido ser constatado.

Las muestras padecían una recesión gingival importante, dada su procedencia, por lo que establecer el biotipo gingival empíricamente no ha sido posible, pues las medidas en esta zona, dada la calidad de las muestras, no serían comparables con un paciente vivo.

Con las medidas realizadas, se ha podido hacer un análisis con detalle de la relación entre los valores longitudinales y transversales de la unión dentogingival. Se ha constatado, que las relaciones existentes en las dimensiones longitudinales, transversales y ambas juntas, dependen específicamente del tipo de diente. Así, se han obtenido una serie de asociaciones entre los diferentes atributos medidos que resultan de especial relevancia. Además, se han podido implementar en sendos análisis de regresión.

Teniendo en cuenta el análisis bibliográfico y estudio realizado sobre la unión dentogingival y su importancia en implantología dental, se puede concluir que hasta hace bien poco, el éxito de un implante dental se basaba únicamente en una correcta óseo-integración. No obstante, se ha concluido que la interfaz del tejido blando con el pilar, resulta de vital importancia, no sólo a nivel estético, sino funcional, anatómico y de protección. Esta unión tejido blando-pilar, actúa de barrera primordial ante la filtración de células inflamatorias, bacterias, etc.,

protegiendo la conexión implante-hueso alveolar, evitando la peri-implantitis y la recesión del hueso subyacente, principal causa del fracaso de la restauración.

Se han detallado las principales características que se han de tener en cuenta para obtener el éxito en una restauración dental, mediante técnicas de implantología dental, donde el biotipo gingival juega un papel muy importante y ha de ser tomado en consideración a la hora de realizar la planificación de cualquier tratamiento restaurativo dentario.

Además se ha comprendido el duro trabajo que realizan a diario los técnicos de laboratorio clínico a la hora de preparar y analizar muestras biológicas de diversas procedencias. Se trata de un proceso artesanal que requiere una gran dedicación y conocimientos que no habrían sido posibles en este estudio sin la colaboración del profesorado.

Concluyendo, ha sido toda una suerte el haber podido obtener y disponer de las muestras biológicas procedentes de necropsia, pues es algo difícil de conseguir y que abre las puertas a una investigación más exhaustiva.

Gracias a ello, se ha podido caracterizar satisfactoriamente cada muestra del estudio siendo estos los aspectos más significativos:

- **Valores medios de los parámetros longitudinales y transversales muy parecidos para los dientes pertenecientes al mismo paciente. La desviación típica en los parámetros CL, CW, B y D es más elevada debido al diferente tamaño de los dientes. El parámetro de grosor gingival más significativo fue G5, con unas desviaciones típicas reducidas.**
- Diferencias mínimas en los valores para las mediciones transversales: G5, G6, A1 y CW/CL, así como una matriz de correlaciones similar, en la morfometría a partir de imágenes radiográficas en comparación con otros estudios.
- Resultados también similares a otros estudios en la morfometría de imágenes de microscopía óptica, siendo el parámetro longitudinal F el más significativo.
- El análisis de correlaciones por diente, reveló relaciones significativas entre los parámetros longitudinales-transversales, siendo los más relevantes los siguientes pares:
 - G5 y D, G6 y CW/CL, A y A1 para las muestras de dientes caninos.
 - B y CW/CL, G5 y E, G5 y F para las muestras de dientes centrales.
 - A y A1, A y A2, A y CL, E y CW/CL para las muestras de dientes laterales.
- Dadas estas correlaciones, se puede confirmar que las dimensiones del diente (CW/CL) influyen de manera significativa en el grosor y longitud de los tejidos subyacentes.

Confirmación de hipótesis

Tal y como se ha podido comprobar en la revisión bibliográfica realizada, el biotipo gingival es de vital importancia a la hora de planificar cualquier tratamiento de restauración dentaria. Esto se debe a que la unión tejido blando – pilar actúa de barrera protectora, previniendo que células inflamatorias, bacterias y otros agentes perjudiciales lleguen a la interfase implante-hueso alveolar, y de este modo evitando la peri-implantitis, una de las causas raíz de la recesión ósea. Esto se suma a la importancia crítica que tiene en el resultado estético para la zona dental anterior.

8. AMPLIACIÓN DEL ESTUDIO

Una vez caracterizadas las muestras y establecidas las bases del estudio, y relacionar las dimensiones longitudinales y transversales, resultaría de interés poder realizar las mediciones en un mayor número de muestras, siendo estas tomadas de pacientes vivos. Si bien el análisis histológico no podría realizarse, tomando como base las muestras obtenidas de este estudio, podría hacerse una caracterización histológica más precisa, si expertos en periodontología tomaran las medidas, podrían tomar dichas medidas como base y realizar la comparación con las medidas de los pacientes vivos.

Además, podría hacerse un análisis estadístico más exhaustivo de los datos obtenidos al contar con un número de casos mayor.

También podría estudiarse más en profundidad, de qué forma podríamos propiciar la unión tejido blando-pilar para que esta fuera más efectiva y rápida. Se ha determinado, que la superficie del pilar ha de estar totalmente pulida para favorecer la unión y facilitar la limpieza en caso de infección bacteriana. No obstante, podrían aplicarse técnicas de tratamiento superficial con bioactivos capaces de catalizar la creación de la unión del tejido al pilar.

9. BIBLIOGRAFÍA, RECURSOS WEB Y ABREVIATURAS

- Abai, S. (2013). *www.glidewell dental.com*. Obtenido de: <http://www.glidewell dental.com/dentist/inclusive/volume4-1/implant-considerations.aspx>.
- Alpiste Illueca, F. (2009). La unión dento-gingival. Análisis crítico del trabajo de Gargiulo y cols. (1961). *Periodoncia: Sociedad Española de Periodoncia*, Vol. 19. 21-25.
- Cacciacane, O., & Cacciacane, M. (07 de 06 de 2013). *www.dental-tribune.com*. Obtenido de http://www.dental-tribune.com/articles/specialities/overview/13427_la_importancia_del_grosor_biologico.html.
- Chandulal Dhalkari, & Pallav Ganatra. (2014). Role of Gingival Tissue Biotype in Periodontal Management. *IOSR Journal of Dental and Medical Sciences*, Vol. 13, 54-57.
- Chawla K, G. H. (2014). Gingival Biotype : When Thin Is Not In. *J Periodontol Med Clin Pract*, Vol. 01, 255-263.
- Delgado Pichel, A., Inarejos Montesinos, P., & Herrero Climent, M. (2001). Espacio biológico: Parte I: La inserción diente-encía. *Avances en Periodoncia*, Vol. 13, 101-108.
- Gargiulo, A., Wentz, F., & Orban, B. (1961). Dimensions and relations of the dentogingival junction in humans. *J Periodontol*, Vol. 32, 261 - 267.
- Gómez de Ferraris, M., & Campos Muñoz, A. (2009). Periodoncio de inserción: cemento, ligamento periodontal y hueso alveolar. En M. E. Gómez de Ferraris, & A. Campos Muñoz, *Histología, Embriología e Ingeniería Tisular Bucodental* (págs. 355-392). México: Editorial Médica Panamericana.
- Gómez de Ferraris, M., & Campos Muñoz, A. (2009). Periodoncio de protección: encía y unión dentogingival. En M. E. Gómez de Ferraris, & A. Campos Muñoz, *Histología, Embriología e Ingeniería Tisular Bucodental* (págs. 333-353). México: Editorial Médica Panamericana.
- Guang-yuan Xie, Ji-Hua Chen, Hui Wang, & Ying-jie Wang. (2007). Morphological measurement of biologic width. *Journal of Oral Science*, Vol. 49, No. 3, 197-200.
- Jia-Hui Fu, Chu-Yuan Yeh, Hsun-Liang Chan, Nikolaos Tatarakis, Daylene J.M. Leong, & Hom-Lay Wang. (2010). Tissue Biotype and Its Relation to the Underlying Bone Morphology. *J Periodontol*, Vol. 81, 569-574.
- Jia-Hui Fu, Lee, A., & Hom-Lay Wang. (2011). Influence of Tissue Biotype on Implant Esthetics. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, Vol. 26, 499-508.
- Kao, R. (2014). Biotipo gingival grueso contra delgado. En L. A. Harpenau, R. Kao, & W. Undergan, *Periodoncia e implantología dental de Hall: Toma de decisiones* (pág. Capítulo 28). México: El manual Moderno S.A. de C.V.
- Kois, J. (2004). Predictable Single-Tooth Peri-implant Esthetics: Five Diagnostic Keys. *Compendium*, Vol. 25, 895-905.
- Kolte, R., Kolte, A., & Mahajan, A. (2014). Assessment of gingival thickness with regards to age, gender and arch location. *Journal of Indian Society of Periodontology*, Vol. 18, 478-481.
- M. Olsson, J. L. (1991). Periodontal Characteristics in individuals with varying form of the upper central incisors. *J Clin Periodontol*, Vol. 18, 78-82.
- Malhotra, R., Grover, V., Bhardwaj, A., & Mohindra, K. (2014). Analysis of the gingival biotype based on the measurement of the dentopapillary complex. *Journal of Indian Society of Periodontology*, Vol. 18, 43-47.

- Matta-Valdivieso, E., Alarcon-Palacios, M., & Matta-Morales, C. (2012). Espacio biológico y prótesis fija: Del concepto clásico a la aplicación tecnológica. *Estomatol Herediana*, Vol. 22, 116-120.
- Nugala, B., Kumar, B., Sahitya, S., & Krishna, P. (2012). Biologic width and its importance in periodontal and restorative dentistry. *Journal of Conservative Dentistry*, Vol. 15, 12-17.
- Porter, J., & von Fraunhofer, J. (2005). Success or failure of dental implants? A literature review with treatment considerations. *Peer-Reviewed Journal of the Academy of General Dentistry*.
- Ramírez, K., García-Rodríguez, O., Murillo-Arocho, M., Fernández-López, O., & Elías-Boneta, A. (2013). Dentogingival Complex: Dimension Based on Biotypes. *Puerto Rico Health Sciences Journal*, Vol. 32, 182-186.
- Saadoun, A., & Touati, B. (2007). Soft Tissue Recession Around Implants: Is It Still Unavoidable? - Part II. *Practical Procedures & Aesthetic Dentistry*, Vol. 19, 81-87.
- Seba Abraham, K.T. Deepak, R. Ambili, C. Preeja, & V. Archana. (2014). Gingival biotype and its clinical significance - A review. *The Saudi Journal for Dental Research*, Vol. 5, 3-7.
- Shenoy, A., Shenoy, N., & Babannavar, R. (2012). Periodontal considerations determining the design and location of margins in restorative dentistry. *Journal of Interdisciplinary Dentistry*, Vol. 2, 3-10.
- Souza OMM, N. J. (2012). Influence of tissue biotype in the morpho-esthetic-functional. *Dental Press Implantol.*, Vol. 6, 56-66.
- Stein, J., Lintel-Höping, N., Hammächer, C., Kasaj, A., Tamm, M., & Hanisch, O. (2013). The gingival biotype: measurement of soft and hard tissue dimensions - a radiographic morphometric study. *J Clin Periodontol*, Vol. 40, 1132-1139.
- Sushama R. Galgali, & Gauri Gontiya. (2011). Evaluation of an innovative radiographic technique - parallel profile radiography - to determine the dimensions of dentogingival unit. *Indian Journal of Dental Research*, Vol. 22, 237-241.
- Vacek, J., Gher, M., Assad, D., Richardson, A., & Giambarresi, L. (1994). The dimensions of the human dentogingival junction. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, Vol. 14; Nº 2: 154-165.
- Zeinab Rezaei Esfahrood, Mahdi Kadkhodazadeh, & Mohammad Reza Talebi Ardakani. (2013). Gingival biotype: a review. *General dentistry*, Vol. July, 14-17.

Listado de abreviaturas

Cols. (Colaboradores).

CW (*Crown Width*).

CL (*Crown Length*).

E – AT (Tinción Eosina – Azul de Toluidina).

GW (*Gingival Width*).

Rx (Rayos X).

UDG (Unión dentogingival).

Vol. (Volumen).

10. AGRADECIMIENTOS

“Caminante, no hay camino, se hace camino al andar” y ciertamente este camino ha sido largo y costoso. Este trabajo pone el punto y final a mi andadura a lo largo de lo que ha sido el Máster en Ingeniería Biomédica.

Mentiría si dijera que ha sido fácil, compaginar el trabajo con los estudios ha sido francamente complicado. He perdido un sinfín de clases magistrales dadas por profesores de excelencia y puedo decir, que esto es una de las cosas que más mal me sabe.

Sin embargo, ha sido una gran experiencia. He podido adquirir muchos conocimientos que me complementan a nivel personal y profesional, dada mi formación académica. He sacado parte de esa espina clavada que llevo en el corazón, desde el día que dejé los estudios de Medicina, que, quién sabe, puede que algún día retome.

Quiero agradecer a tod@s aquellos compañeros con los que he compartido trabajos, clases, prácticas y experiencias. Gracias por vuestra paciencia y comprensión, sin vosotros, esto no habría sido posible.

Gracias al profesorado en general, por facilitarnos en la medida de lo posible a los que compaginábamos trabajo y estudio las cosas.

Especial mención de agradecimiento para la empresa en la que trabajo, Biomet 3i (ahora Zimmer Biomet) por darme la oportunidad y las facilidades para poder realizar este Máster. Gracias a mis jefes, en especial a Juan José Planells, por ser flexibles con mis horarios y a mis compañeros M^a José García-Matarredona y Daniel Duato, expertos en Implantología Dental, que tanto me han ayudado con este trabajo.

Gracias a Carmen y a Amparo, por darme la oportunidad de hacer un proyecto con base clínica, a pesar de mi formación académica, y por todo lo que me han apoyado. Por supuesto, gracias al Profesor Javier Martín de Llano por su valiosa colaboración en este trabajo.

Y sobre todo, gracias a María, el amor de mi vida, por su extremada e incansable paciencia conmigo, su gran apoyo y ayuda, su sonrisa en los malos momentos y sus ánimos incondicionales.

Han sido tres duros años y, a pesar de todo, ya estoy pensando en el próximo paso que daré para “hacer otro camino al andar”.