



UCAM

UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE MURCIA

ESCUELA INTERNACIONAL DE DOCTORADO

Programa de Doctorado en Ciencias Sociales y de la Salud

“Relación dento-sinusal en el movimiento distal del canino”

Autor:

Ernesto Antonio Spaccesi

Directores:

Dr. D. Pablo Javier Olabe Sánchez

Dra. Dña. Ivana María Zamora Pérez

Dra. Dña. Josefina María Vegara Meseguer

Murcia, mayo de 2016



UCAM

UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE MURCIA

ESCUELA INTERNACIONAL DE DOCTORADO

Programa de Doctorado en Ciencias Sociales y de la Salud

“Relación dento-sinusal en el movimiento distal del canino”

Autor:

Ernesto Antonio Spaccesi

Directores:

Dr. D. Pablo Javier Olabe Sánchez

Dra. Dña. Ivana María Zamora Pérez

Dra. Dña. Josefina María Vegara Meseguer

Murcia, mayo de 2016



UCAM

UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE MURCIA

AUTORIZACIÓN DEL DIRECTOR DE LA TESIS PARA SU PRESENTACIÓN

El Dr. D. Pablo Javier Olabe Sánchez, la Dra. Dña. Ivana María Zamora Pérez y la Dra. Dña. Josefina María Vegara Meseguer como Directores de la Tesis Doctoral titulada "Relación dento-sinusal en el movimiento distal del canino", realizada por D. Ernesto Antonio Spaccesi en la Escuela Internacional de Doctorado, autoriza su presentación a trámite dado que reúne las condiciones necesarias para su defensa.

Lo que firmo, para dar cumplimiento a los Reales Decretos 99/2011, 1393/2007, 56/2005 y 778/98, en Murcia, mayo de 2016.

Dr. D. Pablo Javier Olabe Sánchez

Dra. Dña. Ivana María Zamora Pérez

Dra. Dña. Josefina María Vegara Meseguer

Servicio de Doctorado. Vicerrectorado de Investigación
Campus de Los Jerónimos. 30107 Guadalupe (Murcia)
Tel. (+34) 968 27 88 22 • Fax (+34) 968 27 85 78 - C. e.: doctorado@ucam.edu

Agradecimientos:

A mi familia, a mi esposa, Ivana, por su apoyo y sostén sin el cual no me hubiera sido posible culminar este trabajo, y a mis hijos Agustín y Martina, de quienes siempre he recibido palabras de aliento.

A mis padres..... especialmente a mi padre, por haberme transmitido su pasión por la ortodoncia.

Al Profesor Don Andrés Martínez-Almagro Andreo que me incentivó para completar mi formación académica realizando esta tesis doctoral, colaborando siempre con la mejor disposición.

A mis Directores de Tesis, al Dr. Don Pablo Olabe Sánchez, a la Dra. Dña Josefina Vegara Meseguer y a la Dra. Dña Ivana Zamora Pérez, les agradezco vuestra paciencia, dedicación y los valiosos aportes en el seguimiento de este trabajo.

A mi amigo y compañero de trabajo, Don Fernando Sager Ramseyer, gracias por darme ánimo y ayuda para seguir adelante, en la profesión y en la vida, en mis momentos más difíciles.

A D. Juan Antonio Trisancho González, por su disponibilidad e inestimable colaboración.

Al Centro Nemo de la ciudad de Murcia por su generosidad y buena predisposición que hicieron posible realizar este trabajo.

A los profesores del departamento de estadística de la UCAM, y a todas las personas, que de una u otra manera han colaborado en la realización de este trabajo, gracias!

*“Nunca se alcanza la verdad total,
ni nunca se está totalmente alejado de ella”*

Aristóteles.

Índice de contenidos

Resumen

Abstract

Capítulo I. Introducción	27
1. SENOS MAXILARES	29
1.1. Anatomía del seno maxilar	29
1.2. Desarrollo del seno maxilar en relación con la erupción dentaria	31
2. FOSAS NASALES	33
2.1. Anatomía del suelo de fosas nasales	33
2.2. Relación del suelo de fosas nasales con los dientes	34
3. PRIMEROS PREMOLARES Y CANINOS SUPERIORES	35
3.1. Anatomía de primeros premolares superiores	35
3.2. Anatomía del canino superior	37
4. TOPOGRAFÍA ALVÉOLO DENTAL	38
4.1. Topografía alvéolo dental sinusal	38
4.2. Topografía alvéolo dental – suelo de fosas nasales	43
4.3. Topografía alvéolo dental en el movimiento ortodóntico	44
5. DIAGNÓSTICO TOMOGRÁFICO	49
6. MOVIMIENTO ORTODÓNTICO	52
6.1. Concepto	52
6.2. Teorías del movimiento ortodóntico	53
6.3. Movimiento ortodóntico distal de caninos superiores	55
Capítulo II. Justificación e hipótesis	67
A. Justificación	69
B. Hipótesis	71
Capítulo III. Objetivos	73
Capítulo IV. Material y método	77
A. Diseño del estudio:	79
B. Población y muestra:	79

C. Criterios de Inclusión:	79
D. Criterios de exclusión:	79
E. Lugar de desarrollo de la investigación:	80
F. Operacionalización de variables:	80
1. Variables cualitativas:	80
2. Variables cuantitativas	81
G. Técnicas de recolección de datos:	86
H. Instrumentos de recolección de datos	86
I. Protocolo a seguir para realizar las mediciones:	87
J. Descripción del análisis estadístico:	93
1. Tratamiento de los datos	93
1.1. Análisis descriptivo simple	93
1.2. Análisis simple con cada variable explicativa por separado.	93
1.3. Análisis de regresión lineal múltiple.	94
2. Análisis estadístico	94
Capítulo V. Resultados.	95
A. Análisis descriptivo de las variables en estudio	97
A.1. Variables cualitativas	97
A.2. Análisis de la frecuencia con que se presenta el riesgo de contacto entre la raíz del canino con las corticales sinusales o nasales en la población de estudio.	99
A.3. Variables cuantitativas y categóricas	99
B. Análisis univariable del problema de falta de espacio para cada una de las variables de tipo categórico y cuantitativas consideradas en el estudio.	101
B.1. Variables de tipo categórico.	101
B.2. Análisis variable sexo.	102
B.3. Análisis variable edad.	102
B.4. Análisis variable lado de la cara.	102
4.1. Variables de tipo cuantitativas.	104
C. Análisis multivariable del problema de falta de espacio en función de todas las variables de tipo categórico y cuantitativas consideradas en el estudio.	106

C.1. Análisis variable sexo	107
C.2. Análisis variable edad:	108
C.3. Análisis del lado de la cara.	108
C.4. Análisis de las corticales:	108
4.1. Sinusal.	108
4.2. Sinusal-nasal.	109
C.5. Diferencia de la longitud del canino y del premolar.	109
D. Estudio de la relación lineal existente entre la diferencia de longitud del espacio disponible y la longitud del canino y la diferencia de longitud entre el canino y su premolar correspondiente.	110
D.1. Análisis de regresión lineal simple.	110
D.2. Análisis de regresión lineal múltiple.	112
D.3. Análisis de la diferencia entre la longitud del canino-premolar.	113
D.4. Análisis de la cortical sinusal.	114
D.5. Análisis de la cortical sinusal-nasal.	115
D.6. Análisis variable edad.	115
D.7. Análisis de la variable lado de la cara.	116
Capítulo VI. Discusión.	117
A. PERTINENCIA DEL ESTUDIO RESPECTO AL USO DE CBCT.	119
B. RELACIÓN DE PROXIMIDAD DEL CANINO CON LAS CORTICALES SINUSALES Y NASALES	120
C. PREVALENCIA DE CONTACTO DEL CANINO CON LAS CORTICALES SINUSALES O NASALES EN LA POBLACIÓN DE ESTUDIO.	122
D. LONGITUD DE CANINO Y LONGITUD DE PREMOLAR	126
E. FACTORES DE RIESGO	127
1. Análisis del sexo	127
2. Análisis de la edad	128
3. Análisis del lado de la cara	131
4. Longitud del canino y de la longitud del primer premolar	131
5. Análisis de la distancia ápice cortical.	132
6. Factores de riesgo de contacto cortical y de D- en la retracción del canino identificados en el estudio.	132

F. LIMITACIONES DEL ESTUDIO	133
G. NUEVAS LÍNEAS DE INVESTIGACION	134
Capítulo VII. Conclusiones.....	137
Capítulo VIII. Bibliografía	141
Capítulo IX. Anexos	163

Índice de Figuras

Figura 1. Relación del seno maxilar con los dientes.	30
Figura 2. Relación del suelo de las fosas nasales con los dientes.	33
Figura 3. Fosas nasales en los diferentes tipos antropológicos craneofaciales. . .	35
Figura 4. Relación corono radicular primer premolar superior raíces separadas.	36
Figura 5. Relación corono radicular primer superior raíces fusionadas.	36
Figura 6. Relación corono radicular canino superior.	38
Figura 7. Longitud corono radicular de primer premolar y canino.	38
Figura 8. Relación topográfica sinusal nasal en primer premolar y canino	40
Figura 9. Relación topográfica del canino con suelo de fosas nasales.	43
Figura 10. Topografía Alvéolodental.	44
Figura 11. Topografía del movimiento dental ortodóntico.	46
Figura 12. Topografía del movimiento dental ortodóntico.	47
Figura 13. MPR del primer premolar y canino superior.	50
Figura 14. Movimiento distal ortodóntico del canino.	56
Figura 15. Movimiento distal de canino tras exodoncia	57
Figura 16. Posibles contactos según la posición del canino.	58
Figura 17. Corte frontal y sagital de relación entre ápice de canino y seno.	58
Figura 18. Canino tratado con espacio suficiente.	59
Figura 19. Fenestración de la cortical vestibular post tratamiento ortodóntico. . .	63
Figura 20. Fenestración de la cortical nasal post tratamiento ortodóntico.	64
Figura 21. Fenestración de la cortical sinusal post tratamiento ortodóntico.	64
Figura 22. Reabsorción radicular en contacto con la cortical nasal.	65
Figura 23. Representación gráfica de la variable contacto cortical.	82
Figura 24. Representación gráfica de las variables cuantitativas.	82
Figura 24. Rep. gráfica del eje mayor del primer premolar y del canino.	83
Figura 26. Relación entre espacio disponible y longitud del canino.	84
Figura 27. Relación entre espacio disponible y longitud del canino.	84
Figura 28. Relación entre longitud del premolar y longitud del canino.	85

Figura 29. Relación entre la logitud del premolar y el espacio disponible.	85
Figura 30. Medición de las variables cuantitativas en CBCT del canino.	86
Figura 31. Medición de las variables cuantitativas en CBCT primer premolar. . .	86
Figura 32. Programa Osirix.	87
Figura 33. Paso 1 Protocolo de medición.	87
Figura 34. Paso 2 Protocolo de medición.	88
Figura 35. Paso 3 Protocolo de medición.	88
Figura 36. Paso 4 Protocolo de medición.	89
Figura 37. Paso 5 Protocolo de medición.	89
Figura 38. Paso 7 Protocolo de medición.	90
Figura 39. Paso 9 Protocolo de medición.	90
Figura 40. Paso 10 Protocolo de medición.	91
Figura 41. Paso 12 Protocolo de medición.	91
Figura 42. Paso 13 Protocolo de medición.	92
Figura 43. Paso 14 Protocolo de medición.	92
Figura 44. Modelo de planilla excel utilizada.	93
Figura 45: Distribución por sexo de la población de estudio (%).	97
Figura 46. Frecuencia de la variable contacto con corticales	98
Figura 48. Estimación del efecto de las variables	107
Figura 49. Recta de ajuste regresión	110
Figura 50. Estimación, a partir de la muestra recogida.	113
Figura 51. Relación con cortical sinusal, proximidad.	121
Figura 52. Relación con cortical sinusal, reabsorción canino.	124
Figura 53. Ejemplo de fenestración y remodelación ósea de la cortical	124
Figura 54. Microscopía del estudio de Kraus.	126
Figura 55. Relación de los dientes con el seno maxilar en un paciente joven . . .	129
Figura 56. Relación de los dientes con el seno maxilar en un paciente adulto . .	130

Índice de Tablas

Tabla 1. Diferencias de longitud media entre canino y premolar.....	36
Tabla 2. Operacionalización de las variables.....	81
Tabla 3. Relación de variables.....	83
Tabla 4. Distribución de frecuencia de la variable: Contacto con cortical.....	98
Tabla 5. Distribución de frecuencia de la variable: Lado de la cara.....	98
Tabla 6. Análisis descriptivo de las variables.....	100
Tabla 7. Relación entre variables.....	100
Tabla 8. Relación entre espacio disponible y longitud de canino.....	101
Tabla 9. Análisis descriptivo e inferencia estadística para estudiar la existencia del problema de falta de espacio segun variable.....	101
Tabla 10. Análisis descriptivo e inferencia estadística para analizar la existencia del problema de falta de espacio segun tipo.....	103
Tabla 11. Análisis estadístico de la existencia del problema de falta de espacio al desplazar el canino.....	104
Tabla 12. Análisis estadístico: ápice premolar-cortical, del espacio disponible y de la diferencia entre las longitudes del canino y de su premolar.....	105
Tabla 13. Odds Ratios, p-valores e Intervalos de confianza al 95%.....	106
Tabla 14. Pendiente de la recta.....	111
Tabla 15. p-valor del test de independencia entre X y Y.....	111
Tabla 16. Estadísticos, p-valores e Intervalos de confianza al 95%.....	112
Tabla 17. Comparación de los estudios previos con los resultados de la tesis ..	127
Tabla 18. Parámetros identificados en el estudio con CBCT de la tesis.....	133

Siglas y Abreviaturas

S	Sinusal
N	Nasal
SN	Sinusal nasal
TC	Tomografía computarizada
TAC	Tomografía Axial Computarizada
CBCT	Cone Beam Computed Tomography
3D	Tres dimensiones o tridimensional
HU	Unidades Hounsfield (medida cuantitativa de densidad ósea)
mm	Milímetros
Cm	Centímetros
DICOM	Digital Imaging in Medicine
MPR	Reconstrucción multiplanar

RESUMEN

A. RESUMEN

El tratamiento ortodóntico se fundamenta en el principio de la remodelación del hueso alveolar como medio para trasladar o desplazar los elementos dentarios hacia posiciones más idóneas y por ende conseguir estabilidad y armonía oclusal. Dicha remodelación ósea estaría condicionada por una serie de factores estructurales, entre los que se pueden destacar la calidad de la esponjosa del hueso alveolar, la presencia de las corticales y la topografía de las estructuras anatómicas involucradas.

En los tratamientos de ortodoncia con exodoncia de primeros premolares superiores es necesario desplazar hacia distal el canino y la presencia de las corticales del seno maxilar o del suelo de fosas nasales pueden complicar este movimiento.

En la experiencia clínica se ha observado una gran inestabilidad de comportamiento durante la retracción del canino, en ocasiones el cierre de espacio no se consigue sin consecuencias estéticas, periodontales y funcionales de compleja resolución y casi siempre con mal pronóstico a largo plazo.

Dado que no se encuentra en la bibliografía, suficiente información acerca de las posibles relaciones del canino con dichas corticales durante el movimiento ortodóntico distal que permitan mejorar el diagnóstico, pronosticar y planificar dichos movimientos con seguridad, es que nos planteamos este trabajo.

Por ello realizamos un estudio observacional, descriptivo y transversal con el objetivo de identificar las relaciones anatómicas existentes entre la raíz del canino superior y el seno maxilar o el suelo de fosas nasales, el riesgo de contacto durante el movimiento distal ortodóntico y la frecuencia con que se presenta en la población estudiada.

Para el estudio seleccionamos una muestra de 600 tomografías computarizadas de haz cónico, pertenecientes a personas de entre 15 y 65 años de edad, las cuales fueron tomadas en un centro radiológico de la ciudad de Murcia durante los años 2011 y 2014. Por aleatorización simple se seleccionaron 300 y luego de aplicar los criterios de inclusión y exclusión la muestra quedó conformada por 110 tomografías, de las cuales en 97 se evaluaron las variables en ambos lados de la cara.

Se analizaron la longitud del primer premolar, la longitud del canino, la relación del canino con la cortical sinusal y nasal, el espacio disponible, la edad, el sexo y sus relaciones respecto al movimiento distal del canino superior al sitio de la extracción del primer premolar.

Como resultados principales obtuvimos que en el 39,6% (IC 33%-46%) de las situaciones existía riesgo de contacto entre el canino y la cortical sinusal o nasal al desplazar el mismo al lugar del premolar. La probabilidad de que el espacio vertical no fuera suficiente para distalar el canino fué entre 5.92 y 38.62 veces mayor cuando la cortical en contacto era la sinusal. Entre los factores de riesgo de contacto cortical identificamos a la diferencia entre la longitud del canino y la longitud del premolar y por cada milímetro más de diferencia existente el riesgo fué 1.52 veces mayor.

Concluimos en que el movimiento distal del canino estará condicionado por la proximidad a la cortical sinusal con mayor frecuencia, por la longitud del canino a distalar y su diferencia con la longitud del primer premolar. Estos parámetros podrán contribuir al diagnóstico y a planificar la retracción del canino superior. Igualmente dada la prevalencia de riesgo de contacto del canino con las corticales obtenida, creemos necesario a partir de este trabajo profundizar en el comportamiento biológico de las corticales sinusales y nasales durante el movimiento distal del canino.

ABSTRACT

The orthodontic treatment is based on the principle of the alveolar bone remodeling. The aim of this is to move teeth towards other more convenient positions, thus, to achieve occlusal stability and harmony.

The above mentioned bone remodeling process would, nevertheless, depend on a number of structural factors, among which some are worth to be mentioned: the spongy quality of the alveolar bone, the presence of corticals and the topography of anatomical structures involved.

Orthodontic treatments with extraction of first upper premolars require, moving towards distal the canine. The presence of corticals situated in the maxillary sinus or the nasal cavity floor, can complicate this movement.

Clinical experience has shown great unsteadiness behaviour during canine's retraction, space closure is not achieved in certain occasions, causing periodontal, aesthetics and functional consequences of complex resolution and almost always with poor long term outlook.

Not much information has been found in bibliographies, as regards possible canine connections with corticals during orthodontic distal movements. This would allow to improve diagnosis, forecasting and planning such movements, safely. We therefore consider, it is a must to work on this.

For this reason, we are conducting an observational descriptive and transversal study in order to identify the anatomical connection that exists between the root of the upper canine and the maxillary sinus or nasal cavity floor. Moreover, this study will also evaluate, the risk of contact during the distal orthodontic movement and also, how often it occurs within the number of people being studied.

For the research, a sample of 600 computerized cone beam tomographies, have been selected among people aged within 15- 65. These tomograms were taken in a radiology center in Murcia, between 2011 and 2014. Through a simple aleatory system, 300 tomograms were selected, and after applying the inclusion and exclusion criteria, the sample was reduced to 110 tomograms. In 97 of them the variables were evaluated in both sides of the face.

Furthermore, it was also analyzed: the length of the first premolar as well as that of the canine, the connection of the canine with sinus and nasal cortical, the space available, the age and sex, and their connections, regarding the distal movement of the upper canine to the available site of the extracted first premolar.

The main results obtained were that in 39.6% (IC 33% - 46%) of the situations, there was a risk of contact between the canine and the nasal or sinus cortical when moving the canine into the premolar place. The probability that there was no room enough to divert the canine was in between 5.92 and 38.62 times greater when the cortical in contact was the sinus part.

Among the risk factors of cortical contact, we may identify the difference between the canine's length and that of the premolar. The risk was 1.52 times greater for each additional millimetre.

To conclude, the canine's distal movement will mainly depend on; the proximity to the cortical sinus, the length of the canine to be diverted and its difference with the length of the first premolar. These parameters will contribute to the diagnosis and to the planning of the upper canine retraction. Likewise, according to these facts and given the constant risk of contact of the canine with the obtained corticals, we therefore believe that it is necessary to go in depth into the biological behaviour of the sinus and nasal corticals during the orthodontic distal canine movement.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

1. SENOS MAXILARES

1.1. Anatomía del seno maxilar

El seno maxilar se conoce también como antro de Highmore (término que significa cavidad o espacio hueco en el hueso), descrito por primera vez por Nataniel Highmore, anatomista inglés del siglo XVII. Aunque se han descubierto referencias más antiguas en textos de Hipócrates del siglo V a. C., de Berenger de Carpi del siglo XVI e incluso de Leonardo Da Vinci¹.

Los senos maxilares son cavidades aéreas contenidas en el cuerpo de los huesos maxilares superiores y junto a las fosas nasales ocupan el tercio medio del macizo craneofacial situándose por debajo de las cavidades orbitarias².

Su localización en el cuerpo del hueso maxilar superior específicamente se encuentra por detrás del canino y los premolares³.

Adopta la forma de una pirámide triangular cuya base se dirige hacia las fosas nasales y su vértice hacia la apófisis zigomática del maxilar superior. Esta morfología determina la presencia de una base, un suelo, un vértice y tres caras: anterior o facial, superior u orbitaria y posterior o pterigomaxilar³.

La pared superior se corresponde con el suelo de la órbita y se relaciona con el saco lagrimal siendo delgada en el adulto. La pared anterior es la cara facial del maxilar superior por donde pasa el nervio orbitario inferior, está cubierta por los tejidos blandos de la mejilla^{3,4}.

La pared posterior se relaciona con la fosa pterigopalatina y su contenido: la arteria maxilar interna, el ganglio esfenopalatino y ramas del nervio trigémino.

La base está dividida por el tabique intersinusal en dos porciones; la cara medial es principalmente cartílago, relacionándose con el hueso etmoide y el cornete inferior.

Hacia adentro, la pared nasal separa el seno maxilar de la cavidad nasal. Esta pared nasal contiene la desembocadura del seno, el orificio u ostium maxilar o hiato semilunar, situado debajo del techo del antro⁵.

El suelo o pared inferior del seno maxilar está formada por la apófisis alveolar del maxilar superior y se relaciona con los alvéolos dentarios principalmente del primer premolar, segundo premolar, primer molar y ocasionalmente el canino⁵.

En el suelo antral se describen de arriba abajo: la mucosa sinusal o membrana de Schneider, la cual limita internamente al seno y constituye una capa mucosa más delgada y menos vascular que la mucosa nasal pero más gruesa que la membrana de otros senos paranasales; con un epitelio cúbico pseudoestratificado formado por células epiteliales ciliadas y células mucosecretoras que se continúan con el epitelio nasal; el hueso alveolar y los ápices dentarios.

La pared inferior o suelo del seno maxilar suele presentar formas variables: triangular, semilunar o rectangular, y diferentes variantes anatómicas: presencia de tabiques que delimitan celdillas, declives, existencia de divertículos⁶⁻⁸.

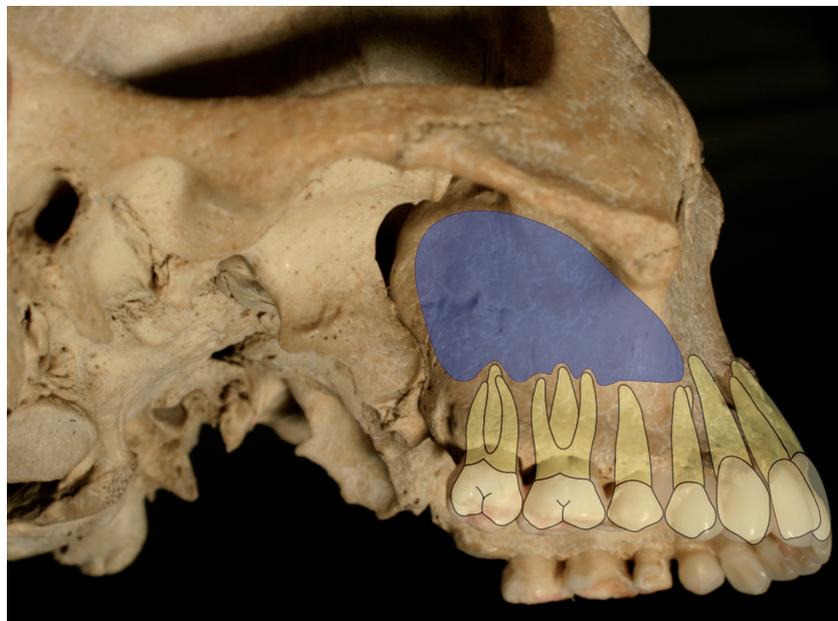


Figura 1. Relación del seno maxilar con los dientes.
Fuente: Archivo personal.

La forma más frecuente del seno maxilar en una muestra ósea de 628 cráneos ha sido la piramidal cuadrangular, seguida de la piramidal triangular; y más regulares en cráneos de varón que de mujer, que presentaban una morfología más irregular. En conjunto, se ha dado un 75% de casos de senos prácticamente simétricos⁹.

En una muestra ósea de la Comunidad Valenciana, se ha podido comprobar una correlación estadísticamente significativa entre la anchura máxima de la cara, el diámetro transversal máximo del cráneo y el diámetro medio-lateral del seno maxilar. Las medidas entre base y vértice del seno maxilar, inciden directamente en la anchura del hueso maxilar, aunque eso no signifique necesariamente una mayor anchura de la cara¹⁰.

1.2. Desarrollo del seno maxilar en relación con la erupción dentaria

El desarrollo de los senos maxilares comienza aproximadamente a los tres meses de vida intrauterina y sigue una serie de sucesos morfogenéticos, en la diferenciación de la cavidad nasal. El crecimiento del seno está subordinado al desarrollo del hueso maxilar y al de los elementos dentarios. En el momento del nacimiento su forma puede ser redondeada, ovalada o alargada, y se mantiene hasta después de la salida de los dientes primarios¹¹.

A los 6 años de edad está alejado de los dientes temporales, en una relación compleja con el germen del canino permanente y próximo al germen del segundo premolar. A dicha edad, prácticamente alcanza el hueso malar lateralmente e inicia su expansión vertical con la erupción del primer molar permanente, que libera el espacio hasta entonces ocupado por su germen. El primer estudio que describió histológicamente las características morfológicas del seno maxilar lo realizó Arthur Underwood¹², en 1912.

Plantea que el seno maxilar se divide en tres compartimentos, compartimento anterior, ocupado por el germen del premolar, poco profundo en su interior y separado del compartimento medio por un septo, compartimento medio, ubicado más posterior y más profundo con relación al anterior, ocupado por el primer molar y porción posterior, una cripta ósea que contiene las porciones calcificadas

del segundo premolar y la cripta del tercer molar, que permanece en la parte más alta con relación al germen del segundo molar. Cuando el primer premolar ha erupcionado completamente, su raíz se encuentra, por lo general, por debajo o ligeramente frente a la porción anterior del suelo capsular.

A los doce años, la expansión vertical del seno maxilar se extiende al lugar del germen del segundo molar, que erupciona a esa edad, y lo mismo ocurre en la región de los premolares, en cuanto reemplazan a los molares primarios.

A partir de los 15 y 17 años toma su forma piramidal definitiva, pudiendo considerarse su desarrollo como definitivo aproximadamente a los 20 años con la erupción de los terceros molares. Según la Tesis de Dubecq existe un paralelismo entre el desarrollo del seno maxilar y la erupción dentaria, este autor consideró que el agrandamiento progresivo de la cavidad sinusal sigue a la involución del sistema dentario, tal como observó en individuos desdentados que presentaban senos de gran amplitud¹³.

Distintos autores coinciden en que la posición en que erupcionan los dientes superiores y su posterior formación radicular apical, es un factor que condiciona la formación del seno y la conformación de su anatomía, esto es especialmente observado en la erupciones anómalas de elementos dentarios superiores^{14,15}.

En el desarrollo, crecimiento y configuración definitiva del seno maxilar intervienen varios factores, estructuración del complejo facial, el tipo de respiración bucal o nasal; el mecanismo de erupción de las dos denticiones; y aunque de forma menos directa el complejo muscular. El desarrollo suele ser asimétrico, siendo frecuentemente más avanzado el del lado derecho.

Cuando finaliza el crecimiento dentomaxilofacial, el suelo del seno maxilar adquiere características anatómicas definidas, entonces los dientes y el seno tienen las relaciones de continuidad clásicas, sujetas solamente a sus variaciones individuales. Así, aunque se adaptan por regla general al contorno óseo maxilar, muestran una gran variabilidad individual en cuanto a volumen y forma, así como en la resistencia o debilidad de sus paredes óseas^{15,16}.

2. FOSAS NASALES

2.1. Anatomía del suelo de fosas nasales

Las fosas nasales óseas son dos corredores irregulares a mayor eje anteroposterior separados por un frágil tabique sagital. Están constituidos por diferentes huesos que se articulan estructurando cuatro paredes y dos orificios; en conjunto forman una región común al cráneo y a la cara¹⁷.

El esqueleto de las fosas nasales está formado por, las caras superiores de las apófisis palatinas de los maxilares y de las láminas horizontales de los palatinos, huesos que se articulan con el vómer e integran el tabique nasal. Entre las tablas óseas compactas de la bóveda palatina y el suelo nasal se interpone una capa de tejido esponjoso que, en los cortes paralelos al plano sagital tiene una forma triangular^{2,17}.

En la porción subnasal se distingue un relieve óseo que se origina en el alvéolo del canino y se continúa con la apófisis ascendente del maxilar hasta perderse en el extremo interno del reborde supraorbitario. Se denomina pilar frontonasal o pilar canino y es un tabique de separación entre las fosas nasales y el seno maxilar.

El pilar canino adquiere evidente desarrollo en los carnívoros y está constituido por tejido óseo compacto cuyas trabéculas se orientan estratégicamente para soportar las presiones máximas¹⁸.



Figura 2. Relación del suelo de las fosas nasales con los dientes.
Fuente: Archivo personal.

El espesor o altura de la porción subnasal del maxilar varía en límites muy amplios en relación con el índice facial morfológico, factor a su vez determinante en los distintos tipos antropológicos cráneo faciales¹⁹.

El suelo de las fosas nasales presenta el aspecto de un canal a concavidad superior más ancho en su porción anterior y dirigido de adelante hacia atrás.

Por otra parte y como resultado de la concavidad del suelo nasal, este se eleva a medida que se aleja de la línea media en dirección al pilar canino, por cuya razón muy difícilmente algún ápice radicular puede llegar hasta el mismo nivel del suelo nasal.

El suelo de las fosas nasales es cóncavo transversalmente y a su vez conforma la superficie superior del paladar óseo. En la parte anterior cerca al tabique se encuentra una pequeña apertura que conduce a los canales incisivos, que descienden agujero nasopalatino .

La pared lateral es irregular debido a la presencia de los cornetes nasales. Está formada por el hueso maxilar en la parte anteroinferior, por la lámina perpendicular del hueso palatino en la parte posterior y en la parte superior por el laberinto etmoidal, separando la cavidad nasal de la órbita.

El cornete inferior es delgado, independiente y cubre el meato inferior que sale hacia el suelo de la cavidad nasal. Es el meato más grande y se extiende a lo largo de casi toda la pared nasal lateral. Éste es más profundo en la unión de su tercio anterior y medio, en donde aparece la apertura del canal nasolagrimal. El cornete medio es mucho más grande, se articula con el hueso palatino

El crecimiento del cartílago del tabique nasal constituye un factor importante dentro de los mecanismos de control del crecimiento facial horizontal y vertical, incluyendo el del maxilar superior. En estudios sobre fetos humanos, se formuló la hipótesis de que el crecimiento anterior del cartílago del tabique nasal ejerce un efecto de tracción del ligamento septopremaxilar. Este ligamento proviene de los lados y del borde antero inferior del tabique nasal y se inserta en la espina nasal anterior. La unidad nasal del maxilar superior depende del cartílago del tabique para su crecimiento; y los dientes proveen una matriz funcional para la unidad alveolar²⁰.

2.2. Relación del suelo de fosas nasales con los dientes

Las relaciones anatomotopográficas de los dientes con las fosas nasales están subordinadas al índice facial morfológico y a la longitud y dirección de las raíces dentarias.

Los dientes que normalmente se relacionan con el suelo nasal, a distancia variable según la forma craneo facial, son los incisivos centrales y laterales, estos últimos mas distanciados por la dirección de su raíz hacia palatino.

Con respecto al canino esas relaciones son posibles en los tipos antropológicos craneo faciales euriprosopos, siendo en estos casos por la longitud de su raíz, el diente que más próximo se haya del suelo nasal^{17,21}.



Figura 3. Fosas nasales en los diferentes tipos antropológicos craneofaciales.
Tipo euriprosopo, Leptoprosopo y Mesoprosopo respectivamente.
Fuente: Archivo personal.

3. PRIMEROS PREMOLARES Y CANINOS SUPERIORES

3.1. Anatomía de primeros premolares superiores

El primer premolar superior presenta diferentes variantes en su anatomía radicular, presentando la mayoría de las veces dos raíces, las cuales pueden estar estas fusionadas o separadas. En promedio se considera que el primer premolar presenta una dimensión mesio distal de la corona de 7,5 milímetros²².

Diferentes autores han encontrado las siguientes medidas de la longitud de los primeros premolares y de los caninos superiores^{23,26}. Tabla 1

Tabla 1. Diferencias de longitud media entre canino y premolar.

Fuente	Longitud media de canino	Longitud media de premolar	Diferencia media
Ash ²³	27 mm.	22,5 mm.	4,5 mm.
Esponda ²⁴	26 mm.	20 mm.	6 mm.
Diamond ²⁵	32 mm.	23 mm.	9 mm.
Sicher ²⁶	27 mm.	21,7 mm.	6,7 mm.
Promedio Total	28 mm.	21,8 mm.	6,55 mm.

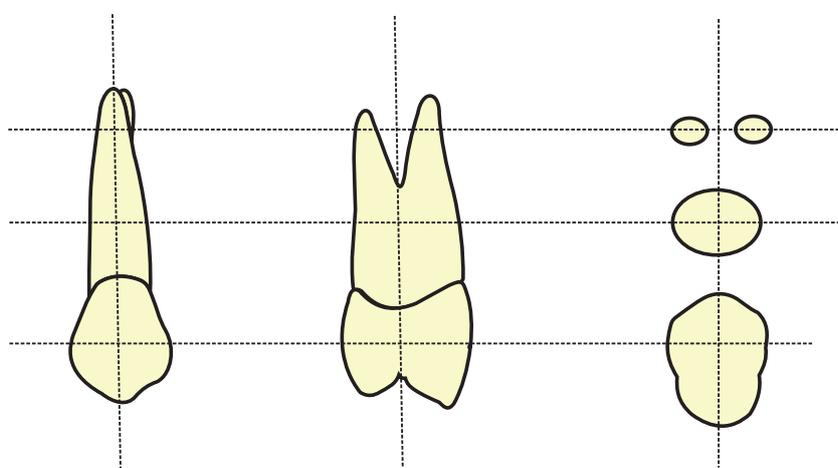


Figura 4. Relación corono radicular primer premolar superior raíces separadas.
Fuente: Archivo personal.

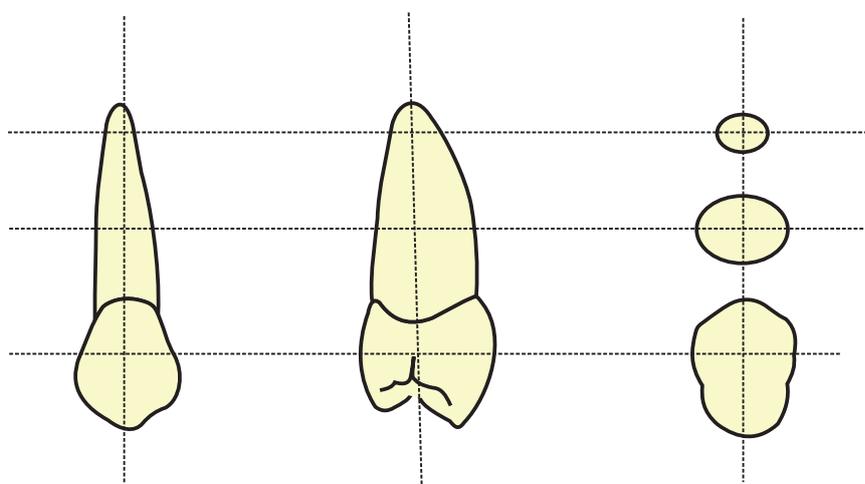


Figura 5. Relación corono radicular primer superior raíces fusionadas.
Fuente: Archivo personal.

3.2. Anatomía del canino superior

En general, se acepta que el canino superior es un diente muy poderoso. Tiene la raíz larga y voluminosa que obliga a la tabla externa del hueso que la cubre a formar la eminencia canina de la cara anterior del hueso maxilar²⁷.

Por sus características anatómicas el canino superior es el diente con mayor potencial de supervivencia en la arcada. Desde un punto de vista funcional, son considerados dientes claves en la oclusión. Tienen gran protagonismo estético, dan armonía al frente anterior, a la línea de la sonrisa y al surco geniano. Aproximadamente $\frac{3}{4}$ de la raíz se encuentra formada antes de la erupción y se completa 2 años después de esta. Los caninos recogen gran parte de los problemas de espacio que puedan existir en la arcada^{28,29}.

Los caninos, en su “esquina”, son similares al problema angular presentado en el arco inferior, y el tratamiento requiere que los caninos den vuelta “la esquina” durante su retrusión y alineación.

La punta de la raíz del canino a menudo está ubicada de manera precaria entre la apófisis alveolar comprimida en el ángulo vestibulolingual, la fosa canina, y el hueso cortical que tapiza el ángulo externo de la apertura nasal. Si le permite mucha inclinación, el ápice radicular puede quedar expuesto a través del hueso cortical vestibular y luego se puede dificultar muchísimo su enderezamiento y alineación por medio del torque. Para mantener a los caninos superiores en el espacio de hueso trabecular, el hueso cortical de las láminas vestibular y palatina de las apófisis alveolares debe respetarse y las raíces deben ser guiadas alrededor del ángulo durante su retrusión³⁰.

La corona del canino y su raíz presentan cierta semejanza anatómica con la cúspide vestibular y con la raíz del primer premolar²⁷.

Estadísticamente la longitud corono radicular de los caninos superiores es 5,5 milímetros mayor que la de los primeros premolares^{27,31}.

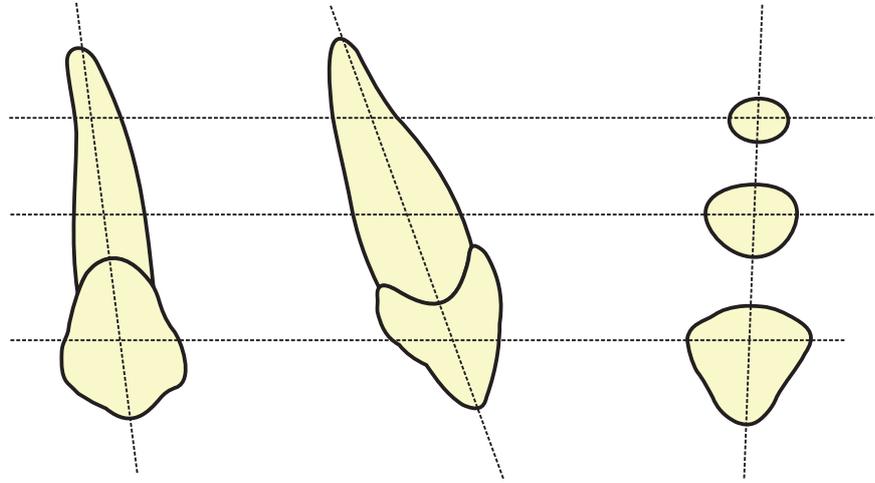


Figura 6. Relación corono radicular canino superior.
Fuente: Archivo personal.

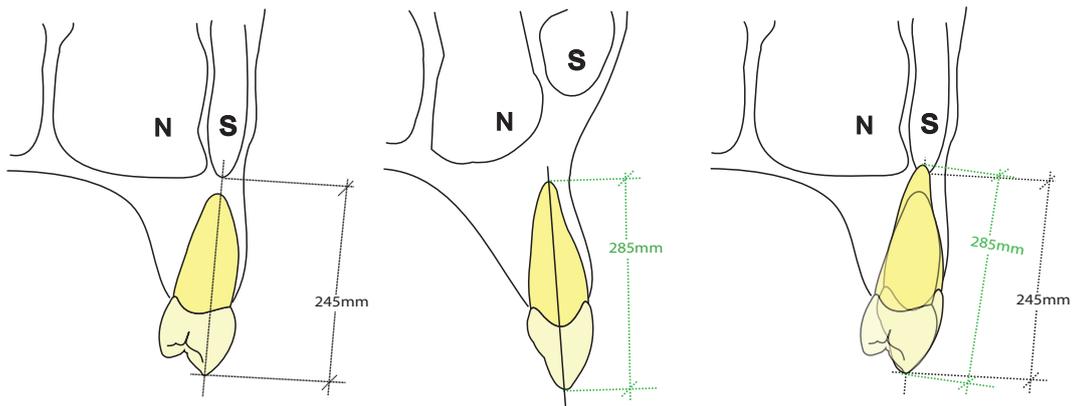


Figura 7. Longitud corono radicular de primer premolar y canino.
N. Fosa nasal. S. Seno maxilar.
Fuente: Archivo personal.

4. TOPOGRAFÍA ALVÉOLO DENTAL

4.1. Topografía alvéolo dental sinusal

Las relaciones topográficas entre los dientes y el seno maxilar adquieren desde el punto de vista anatómico, clínico y radiológico extraordinaria importancia para el diagnóstico y plan de tratamiento ortodóntico cuando se necesitan mover los dientes hacia la zona sinusal.

En este punto interesa el suelo del seno maxilar. Comúnmente el mismo se extiende desde el primer premolar hasta la tuberosidad del maxilar, citándose casos en que alcanza el alvéolo del canino y aún del incisivo lateral. El seno maxilar se puede encontrar próximo al ápice del primer premolar pero separado por una capa esponjosa de 3 a 4 milímetros de espesor. Para el caso del canino se considera que está separado del seno maxilar entre 5 y 10mm^{31,32}.

En general la raíz del segundo premolar está situada debajo del suelo sinusal siendo variable el espesor de la capa ósea, que puede oscilar entre 1 hasta 10 milímetros. En el maxilar superior a nivel de incisivos la tabla cortical externa es muy delgada y desde el canino hasta el tercer molar la tabla externa va aumentando su espesor, y el alvéolo de los premolares se encuentra más próximo a la tabla externa^{17,33}.

La zona ósea infrasinusal presenta unos septum, en número de 2 a 4, que constituyen tabiques compuestos de hueso cortical, los cuales dividen al seno maxilar en dos o tres partes, y están extendidos desde la pared interna a la pared anterior.

La prevalencia del septum varía entre el 16% y el 58% de acuerdo a la literatura³⁴. La identificación de estas estructuras es importante en cualquier procedimiento que se realice en la zona.

Así como la prevalencia, también la localización del septum varía según la literatura, la localización más común descrita por Underwood¹² se encuentra en la zona posterior del maxilar. Sin embargo, Kreinnmar *et al*³⁵ observaron que en el 75% de los pacientes desdentados la localización era más anterior, mientras que en pacientes dentados en el 51.1% la localización más frecuente estaba cercana a los premolares. Un estudio más reciente describe una prevalencia del 50% en la localización distal al segundo premolar, seguida por la ubicación mesial al segundo premolar en el 24%, observado en tomografías^{36,37}.

Diferentes autores han estudiado que entre el suelo del seno maxilar y los ápices de los dientes superiores existe una estrecha conexión ya que están tapizados por una mucosa delgada que se halla unida al periostio. El espesor de las paredes del seno no es constante, el techo tiene un espesor que varía entre 2 a 5 milímetros y el suelo entre 2 a 3 milímetros¹⁷.

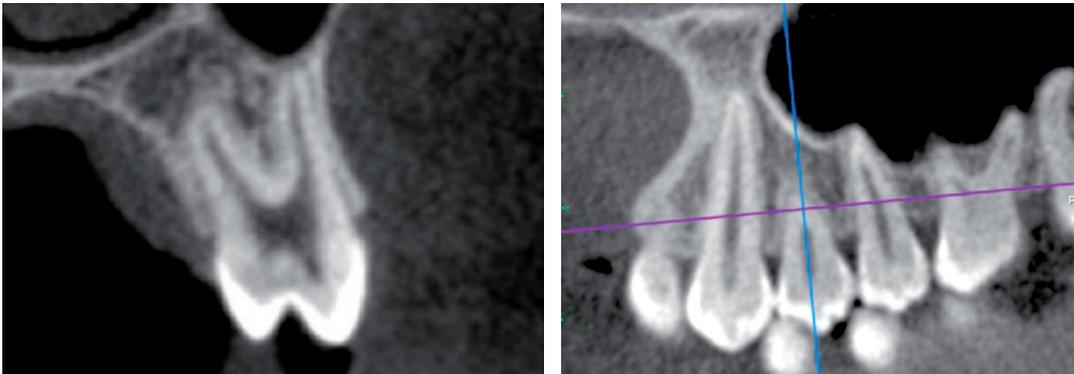


Figura 8. Relación topográfica sinusal nasal en primer premolar y canino
Fuente: Archivo personal.

Pueden observarse senos pequeños, bien por interrupción del desarrollo del desarrollo del seno, cuyas paredes permanecen gruesas bien por presentar una prominencia muy marcada de la fosa canina y la pared nasal en la luz sinusal; también pueden observarse grandes senos con importantes prolongamientos multidireccionales¹⁷.

Won Jin Lee *et al*³⁷ encontraron diferencias en la topografía dentoalveolar sinusal dependiendo del tipo de cresta, atrófica en pacientes desdentados y no atrófica en pacientes dentados, donde la dimensión vertical del hueso en esa zona varía individualmente.

El canino se encuentra en relación con la pared anterior del seno maxilar, en la zona de abordaje quirúrgico vestibular de Caldwell Luc, es decir, la cara anterior del hueso maxilar. Posee una pared convexa, esta convexidad corresponde a la fosa canina. En la parte superior de esta pared se aprecia el relieve formado por el conducto infraorbitario. También se encuentra en el espesor de esta pared, que es muy delgada, el conducto alveolar³⁸⁻⁴⁰.

Es un hueso compacto, delgado a nivel de la fosa canina; espeso en la periferia, sobre todo hacia adentro, en el pilar óseo canino.

Esta pared se encuentra recorrida por canalículos óseos, tales como⁴¹, conductos nerviosos para los nervios dentarios: nervio dentario anterior y superior, que nace del nervio infraorbitario, que termina en los plexos de los incisivos y del canino y está acompañado por la arteria homónima, rama de la infraorbitaria y el nervio dentario medio y superior, inconstante, que se termina a nivel del primer premolar superior.

Los conductos nerviosos, a menudo dehiscentes, ponen en contacto los nervios con el periostio sinusal o gingival⁴².

Conductos vasculares para las arterias y las venas. El conducto de Parinaud, es clásico pero inconstante: extendido desde el alvéolo del canino hasta el ángulo ínfero-interno de la órbita. La pared anterior del seno también en el niño, está en relación con los gérmenes de los dientes definitivos separando a los mismos de la cavidad sinusal⁴³.

4.1.1. *Variaciones de la relación alvéolo dental sinusal*

El suelo del seno maxilar está condicionado en su longitud anteroposterior por los dientes y aunque generalmente se extiende desde distal del canino por delante, hasta mesial de tercer molar por detrás, existen variaciones muy diversas⁴⁴.

La distancia entre el suelo del seno y los ápices dentarios es variable y depende de las distintas formas del suelo sinusal y de la conformación de la porción ósea que separa los ápices dentarios del seno. Se han descrito distintas relaciones dento sinusales, entre ellas: con abundante tejido esponjoso, con escaso tejido esponjoso, corticales alveolar y sinusal en contacto pero diferenciadas, cortical alveolar y sinusal fusionadas, y desaparición de la alveolar⁴⁵.

Si bien no existen en la literatura datos que describan las relaciones verticales, sagitales y horizontales del seno maxilar con respecto al canino superior, describiremos como antecedentes las relaciones y variaciones descritas con respecto a los molares y premolares con el suelo del seno para poder comprender la topografía de dicha zona.

Algunos autores describen que el punto más declive del seno está situado en el adulto a la altura de los ápices del primer molar y del segundo molar. Le siguen por su estrecha relación, el segundo premolar, el tercer molar, el primer premolar y el canino⁴⁶.

En la mayoría de los casos las raíces de los dientes que hacen prominencia en el seno están recubiertas por una capa de hueso que las puede contornear con mayor o menor espesor. Ocasionalmente las raíces pueden estar cubiertas solo por mucosa. Wehbein *et al*⁴⁷ en un estudio histológico mostraron que la mayoría de las raíces que protruyen radiográficamente dentro del seno están envueltas por una fina capa de cortical y con perforaciones en un 14 a un 28% de los casos.

Los dientes que con mayor frecuencia protruyen dentro del seno son los premolares superiores, seguidos de los molares y ocasionalmente los caninos.

Kwak⁴⁸ encontró mayor proximidad de los ápices radiculares de los molares superiores con el suelo sinusal en relación a los ápices de premolares, encontrándose la menor distancia a nivel de segundos molares de 2,74 milímetros.

La neumatización del suelo del seno maxilar, se entiende como la extensión del seno, cuyas paredes permanecen gruesas o bien por presentar una prominencia muy marcada de la fosa canina y la pared nasal en la luz sinusal. Radiográficamente se puede observar que se extiende hacia la zona anterior, hacia el proceso alveolar, hacia la tuberosidad e incluso hacia el malar. Esto cobra importancia al momento de planificar un tratamiento en zonas posteriores del maxilar superior. Los ápices radiculares de premolares y molares superiores y ocasionalmente de caninos pueden proyectarse dentro del seno⁴⁹⁻⁵².

Mitch⁵³ clasifica la altura del segmento maxilar subantral entre 4 y 10 milímetros.

En ortodoncia se mueven los dientes horizontalmente y verticalmente. Las relaciones verticales y sagitales de las raíces de los molares con el suelo del seno maxilar han sido clasificadas por el Dr. Hee-Jim Kim⁵⁴ en cinco formas: Tipo I: donde las raíces vestibulares (V) y palatina (P) están a cierta distancia del suelo de seno maxilar tiene una frecuencia del 55% para el primer molar y 52% para el segundo molar. Tipo II: las raíces V y P están en contacto con el suelo de seno maxilar (sin protruir dentro de él) tiene una frecuencia de 18% para el primer molar y del 29% para el segundo molar. Tipo III: las raíces V protruyen dentro del seno maxilar mientras que la P, no con una frecuencia del 5% para el primer molar y del 14% para el segundo molar. Tipo IV: la raíz P protruye dentro del seno maxilar mientras que las V, no con una frecuencia del 14% para el 1 molar y 0% en el 2 molar. Tipo V: Todas las raíces (V y P) protruyen dentro del seno maxilar con una frecuencia del 9% para el primer molar y del 5% para el segundo molar.

En sentido horizontal, los mismos autores distinguen tres tipos de relaciones: Tipo I donde el seno maxilar protruye entre las raíces vestibulares y la cortical V, con una frecuencia del 20% para el primer molar y un 20% para el segundo.

Tipo II donde el suelo de seno maxilar protruye entre raíces V y P, con una frecuencia del 80% tanto para el primero como para el segundo molar. En el caso del tipo III donde el suelo de seno maxilar protruiría entre la raíz palatina y la cortical P no se hallaron casos⁵⁵

En senos maxilares grandes donde la capa ósea que recubre los ápices dentarios es sumamente delgada y protruyen unas elevaciones llamadas cúpulas alveolares y corresponden a los ápices dentarios⁵⁶⁻⁵⁸.

4.2. Topografía alvéolo dental – suelo de fosas nasales

Los dientes del grupo incisivos y caninos del maxilar superior tienen relaciones de vecindad con el suelo de fosas nasales. El estudio de dichas relaciones supone el conocimiento previo de los detalles anatómicos referidos a las estructuras que conforman la porción subnasal del maxilar superior de las características de las raíces dentarias y del índice facial morfológico. Con respecto al canino esas relaciones son más frecuentes en los tipos craneo faciales euriprosopos, siendo en estos casos por la longitud de su raíz, el diente cuyo ápice se encuentra más próximo del suelo nasal separado por una delgada capa de tejido óseo.

Figún y Garino¹⁷ refieren que la distancia mínima existente entre los ápices dentarios y la pared inferior de las fosas nasales es de 2 milímetros aproximadamente.

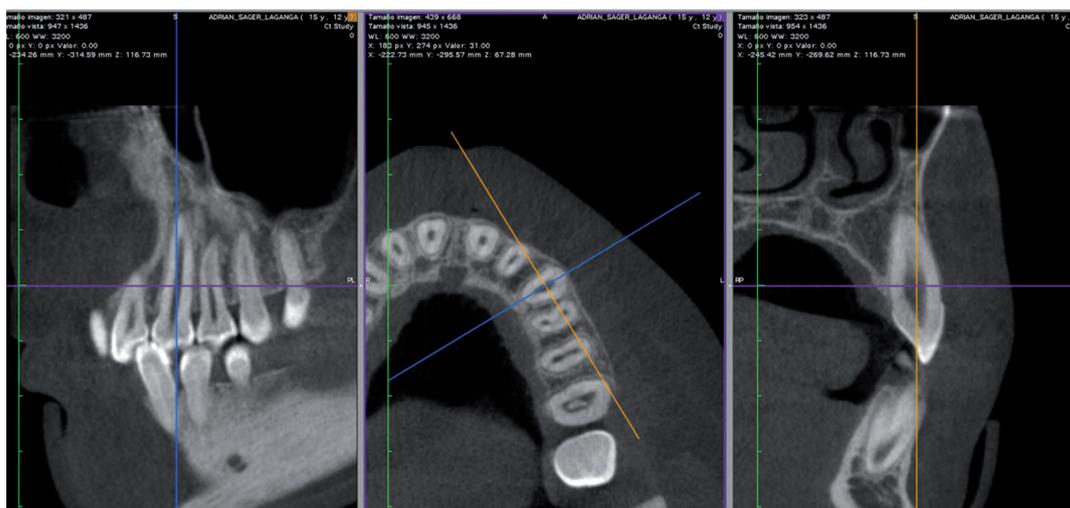


Figura 9. Relación topográfica del canino con suelo de fosas nasales.
Fuente: Archivo personal.

4.3. Topografía alvéolo dental en el movimiento ortodóntico

Según su topografía el aparato de anclaje del diente está constituido por: cemento radicular, ligamento periodontal y hueso alveolar. Los dientes se encuentran alojados en el alvéolo dentario, formado por el hueso alveolar, el cual presenta una capa de hueso cortical o compacto, macroscópicamente muy denso y otra capa de hueso esponjoso y/o trabecular que es más lábil a la remodelación, y que es, en esta última capa de hueso esponjoso donde se genera el mayor movimiento ortodóntico⁵⁹.

El hueso alveolar está revestido, en su lado externo, por periostio. El tejido óseo esponjoso se encuentra limitado por las corticales internas y externas y se continúa en el cuerpo del maxilar⁶⁰. El maxilar superior posee una proporción mayor de hueso esponjoso y por lo tanto sus corticales son más estrechas, siendo la cortical externa menos gruesa que la cortical interna a nivel de incisivos y a nivel del canino⁶¹.

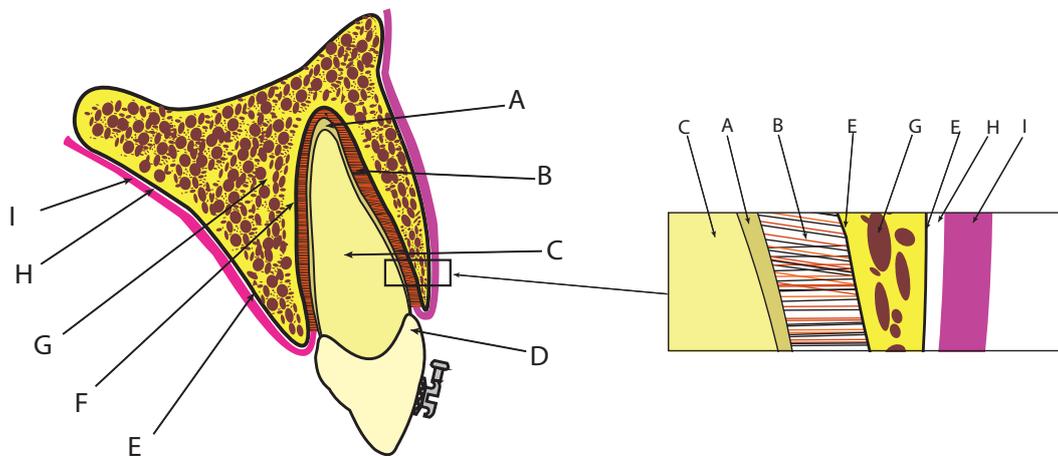


Figura 10. Topografía Alvéolodental.

A. Cemento. B. Ligamento. C. Dentina. D. Esmalte. E. Cortical externa. F. Cortical Interna. G. Hueso Alveolar. H. Periostio. I. Mucosa gingival.

Fuente: Archivo personal.

La respuesta de remodelación ósea está mediada por el ligamento periodontal por lo que puede decirse que el movimiento dental es fundamentalmente un fenómeno de éste⁶².

Se cree que el nuevo hueso formado presenta un menor contenido mineral que el preexistente y la distribución del grado de mineralización ósea también cambia. Se ha observado que esta distribución determina la respuesta mecánica del tejido óseo a la fuerza aplicada y que éstas fuerzas estimulan el remodelado óseo del proceso alveolar. Esta alteración de la densidad resulta de los procesos de reabsorción y aposición⁷⁰.

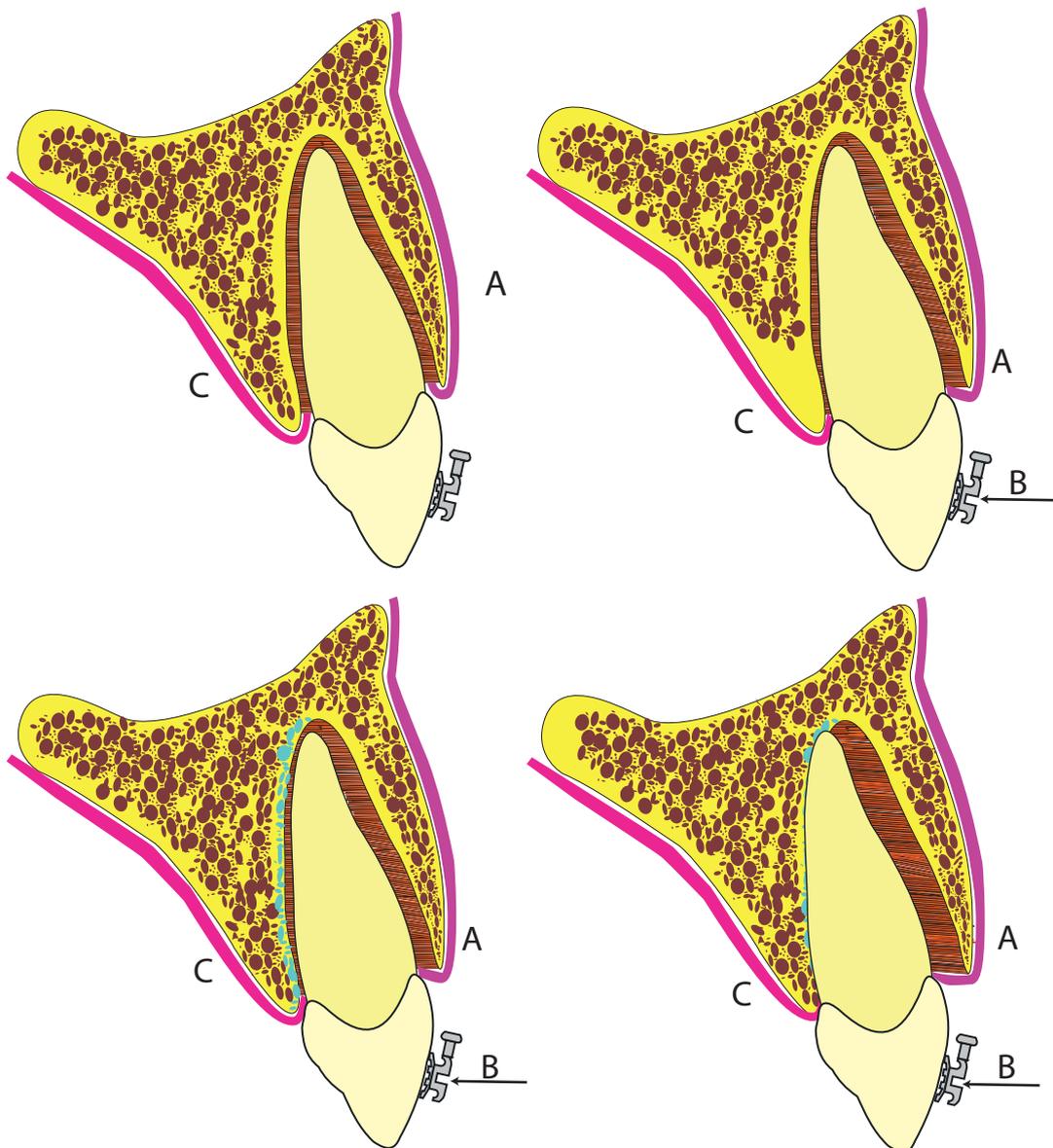


Figura 11. Topografía del movimiento dental ortodóntico.
A. Lado de tracción. B. Dirección de la fuerza. C. Lado de compresión.
Fuente: Archivo personal.

El ligamento periodontal ocupa un espacio de 0,5mm de anchura y su componente principal son las fibras colágenas que se insertan en el cemento radicular, por un lado, y en la lámina dura, por otro. Estas fibras tienen una angulación determinada y su función es la de amortiguar las fuerzas y resistir el desplazamiento del diente que acontece durante la función normal⁶³.

Además de fibras colágenas, otros componentes importantes dentro del ligamento periodontal intervienen en el movimiento: elementos celulares que incluyen células mesenquimatosas en forma de fibroblastos y osteoblastos y elementos vasculares, neurales y líquidos hísticos que confieren las propiedades hidráulicas. Estos componentes desempeñan un papel importante en la función normal y posibilitan el movimiento ortodóncico de los dientes⁶⁴.

Al aplicar una fuerza sobre las raíces dentarias, estas son transmitidas sobre los tejidos periodontales que rodean al diente e inician una actividad remodeladora debido a la plasticidad del hueso alveolar que se adapta a las fuerzas que actúan sobre él. La presión hidráulica de los líquidos del espacio periodontal, constituidos por la corriente sanguínea y material conectivo de relleno, actúa como primer amortiguador de la fuerza externa. El impacto se transmite uniformemente a todo el espacio periodontal y provoca un escape de líquido hacia el exterior a través del sistema circulatorio. Una vez superada la amortiguación hidráulica, es la barrera fibrilar la que se opone al desplazamiento dentario, y si la fuerza vence la resistencia de las fibras colágenas, entonces el hueso alveolar se adaptará al movimiento dentario por medio de un remodelamiento osteogénico y osteolítico⁶⁵⁻⁶⁷.

Los cambios producidos en el tejido óseo involucrado, no se limitan únicamente a la resorción y aposición, sino que están relacionados con el patrón estructural del tejido óseo alveolar, el cual responde a las fuerzas ortodóncicas según su densidad y diseño estructural⁶⁸.

El hueso esponjoso es muy vascularizado, se encuentra muy desarrollado en los tabiques alveolares y es allí donde los procesos de reabsorción y aposición ósea son más activos y equilibrados, mientras que dichos procesos en el hueso cortical al tratarse de una estructura más densa y menos vascularizada, son más lentos y predominan los fenómenos de reabsorción. Debido a ello al hacer presión mediante una fuerza ortodóncica sobre el hueso cortical se produce la pérdida de altura y de volumen de las corticales⁶⁹.

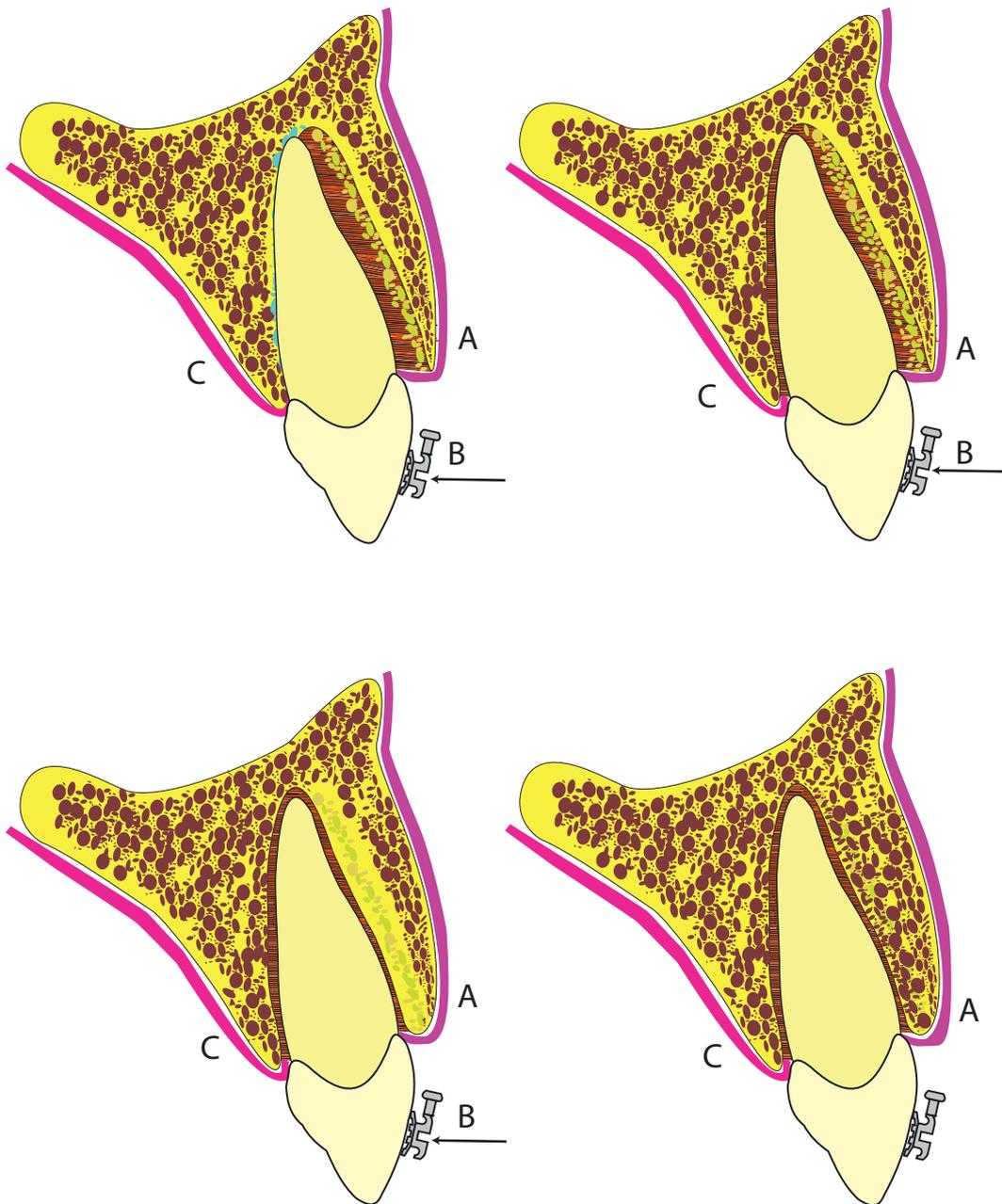


Figura 12. Topografía del movimiento dental ortodóntico.
A. Lado de aposición. B. Dirección de la fuerza. C. Lado de reabsorción.
Fuente: Archivo personal.

En un adulto el hueso alveolar tiene diferente densidad según la zona peridentaria y la localización intramaxilar. Los estudios histológicos realizados por Reitan⁷¹ en 1964, demuestran amplios espacios medulares en la región apical del lado lingual de los dientes. Las paredes óseas de las regiones marginales y media suelen ser más densas y con pocos espacios medulares, siendo en esta zona donde ocurren los cambios óseos cuando se inicia el movimiento dentario. Mientras menor sea la densidad ósea y existan mayor número de espacios medulares, más se facilita la resorción ósea⁷².

En la dentición adulta, las paredes óseas de los lados lingual y vestibular son más densas, mientras que la alveolar mesial y distal es más esponjosa y vascularizada, lo que favorecerá el movimiento dentario en una dirección mesial o distal, más que hacia vestibular o lingual⁷³.

El hueso alveolar en los jóvenes suele contener grandes espacios medulares, fisuras abiertas y canales, lo que favorecerá la proliferación de células que estimulen la resorción ósea con mayor potencial de remodelado^{71,74}.

En el movimiento dental a través del hueso la reabsorción ósea indirecta deja al ligamento periodontal comprimido de manera tal en la zona de presión que se produce un proceso de isquemia local acompañado de hialinización. En este caso, la reabsorción ósea no se desarrolla en la zona de presión sino a distancia, y, cuando alcanza el ligamento periodontal, el diente se mueve de una sola vez por el ensanchamiento del ligamento y del hueso alveolar, sin que se haya producido aposición ósea en el lado de tensión. Es decir, no existe un proceso sincrónico de aposición y reabsorción en ambos lados del ligamento⁷⁵.

Handelman⁷⁶ considera barreras anatómicas o límites para el movimiento ortodóntico a los senos maxilares y a las corticales estrechas con poco espesor de hueso alveolar en la zona de los ápices de los incisivos, entre otras, y puntualiza que en estas zonas es mayor el riesgo de provocar secuelas iatrogénicas durante el tratamiento ortodóntico. Ten Hoeve⁷⁷, Mulie⁷⁸ y Edward⁷⁹ advierten también que la variabilidad en el ancho del proceso alveolar en el área de los senos maxilares constituye una zona desfavorable y una limitación para posicionar correctamente los dientes. Sin embargo, Cardaropoli⁸⁰ ha encontrado que es posible mover los dientes desde su posición alveolar a través de las limitaciones anatómicas como las barreras sinusales, suturales y corticales.

Garib *et al*⁸¹ reportan un caso de tratamiento ortodóntico inusual en el cual logran mover un incisivo central superior a través de la sutura media palatina, con controles tomográficos posteriores satisfactorios, aunque advierten de la necesidad de estudios que contemplen en profundidad la conducta de las estructuras anatómicas involucradas en dichos movimientos.

En presencia de corticales como las del seno maxilar y suelo de fosas nasales el comportamiento de las mismas en los procesos de remodelación y modelación ósea durante el movimiento dental ortodóntico se encuentra aún sin dilucidar en términos de poder pronosticar las complicaciones durante dichos movimientos⁸¹.

5. DIAGNÓSTICO TOMOGRÁFICO

El seno maxilar puede observarse en varias radiografías de uso odontológico tales como: periapicales, oclusal superior, panorámica, lateral, axial, radiografía de Waters, tomografía computarizada y resonancia magnética. Sin embargo, hoy en día la exploración más específica para el estudio del seno maxilar es la tomografía axial computarizada (TAC) del maxilar superior, donde se pueden observar perfectamente los senos maxilares y sus estructuras vecinas, en las tres proyecciones del espacio, pudiéndose realizar cortes y reconstrucciones tridimensionales que no solo ayudan al diagnóstico del seno maxilar sino que son fundamentales a la hora de planificar cualquier actuación terapéutica o quirúrgica que pudiera estar indicada⁸²⁻⁸⁴.

En 1995 la tomografía computarizada (TC) fue validada para la identificación del hueso alveolar labial y lingual, sólo las placas óseas con un grosor menor de 0,02 milímetros no eran visualizadas en estas imágenes. Debido a la sensibilidad y definición de las imágenes obtenidas con la tomografía axial computarizada de haz cónico o Cone Beam (CBCT) se permiten visualizar las dehiscencias y fenestraciones. La precisión del uso de estos equipos permite mediciones que incluyen décimas de milímetros⁸⁵.

Hoy en día, los estudios con TC o CBCT sobre la morfología del hueso alveolar previos al tratamiento de ortodoncia, así como los análisis de las consecuencias del movimiento dentario sobre el hueso son numerosos^{55,86}. Esta evidencia puede cambiar los planes de tratamientos habituales. La visualización de los detalles anatómicos de los pacientes y la comprensión de los efectos colaterales del movimiento dentario permitirán definir los límites de los tratamientos con ortodoncia fija⁸⁷⁻⁹¹.

Según las directrices para la tomografía computarizada cone beam en ortodoncia por la Academia Americana de Radiología Oral y Maxilofacial las recomendaciones específicas, para ser indicadas incluyen las fases de tratamiento (antes, durante y después), la dificultad del tratamiento, y la presencia de condiciones esqueléticas y dentales, tales como compromiso de las tablas óseas, asimetrías, obtención de medidas dentales reales en análisis de discrepancia de espacios, posiciones espaciales de las bases esqueléticas, evaluación de las vías respiratorias y de los senos maxilares, entre otras⁹².

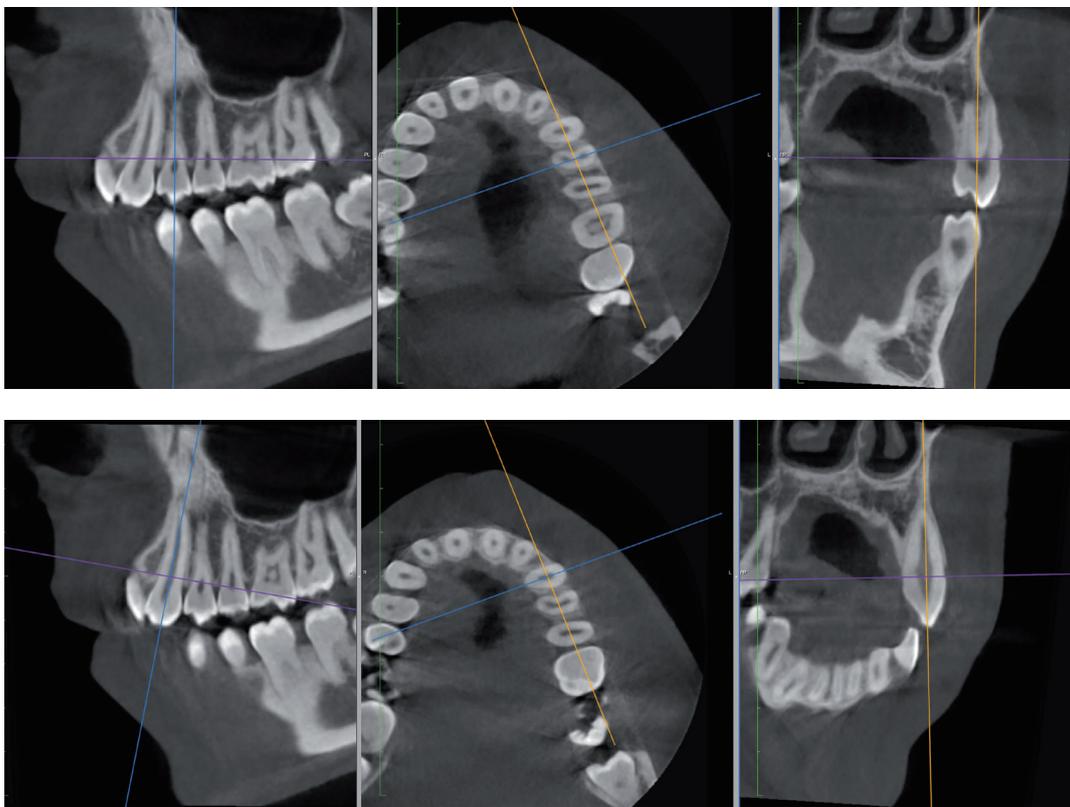


Figura 13. MPR del primer premolar y canino superior.
Fuente: Archivo personal.

La mayoría de las reabsorciones radiculares involucradas en el tratamiento de ortodoncia se pueden ver en las radiografías periapicales⁹³. Sin embargo, la reabsorción que ocurre en el lado vestibular y lingual de los dientes es difícil de evaluar y cuantificar en la vista bidimensional⁹⁴.

La diferencia media entre la CBCT y la visualización directa de la medida de la longitud de la raíz es de 0,05 mm, diferencia estadísticamente significativa para algunas raíces. In vivo: el error es menor que 0,35 mm antes y después del tratamiento⁹⁵.

A pesar del cambio en el posicionamiento de los dientes, la CBCT por lo general produce una alta reproducibilidad, mejorando de este modo su utilidad en la investigación de ortodoncia⁹⁵ y los estudios muestran que el mayor movimiento de los dientes después del tratamiento ortodóntico puede estar directamente asociado con un aumento de gravedad de la reabsorción de la raíz y que la CBCT es una herramienta útil para evaluar la reabsorción radicular apical después del tratamiento ortodóntico⁹⁶.

El espesor de la cresta alveolar define los límites del movimiento ortodóntico, y desafiar esos límites puede resultar en efectos colaterales iatrogénicos para el soporte periodontal y la protección provocando a menudo dehiscencia y fenestración. Los movimientos de ortodoncia más críticos incluyen la expansión de los arcos dentales y movimientos de retracción anterior, protrusión y translación. La aparición de dehiscencias y fenestraciones durante el tratamiento de ortodoncia depende de varios factores, tales como la dirección del movimiento, la frecuencia y la magnitud de las fuerzas ortodónticas, el volumen y la integridad anatómica de los tejidos periodontales. Antes del tratamiento ortodóntico, la morfología alveolar debería ser determinada por proyección de imagen para evitar estos problemas⁹⁷.

En la literatura se puede encontrar que la fenestración tiene una mayor prevalencia en el maxilar superior, y la dehiscencia se encontró más en la mandíbula^{98,99}.

Li *et al*¹⁰⁰ en un estudio reciente recomiendan utilizar métodos tridimensionales (3D) para cuantificar el desplazamiento canino, ya que puntualizan que, tanto con los métodos tradicionales bidimensionales, cefalométricos o clínicos no es posible determinar el pronóstico y las complicaciones del movimiento en dicha zona.

La CBCT genera dosis más bajas de radiación que TC médica y nos permite evaluar la densidad ósea durante el tratamiento ortodóntico. Para evaluar la remodelación ósea en las imágenes de la CBCT, se han utilizado unidades Hounsfield (HU) para representar la densidad mineral ósea y cuantificar los cambios que se producen a nivel radicular y en el hueso alveolar durante el movimiento ortodóntico de retracción de los caninos¹⁰⁰.

Los protocolos para las imágenes de CBCT en ortodoncia sugeridos por la Academia Americana de Radiología Oral y Maxilofacial puntualizan que se deben tener en consideración las ventajas relativas de esta tecnología sobre las radiografías convencionales, incluyendo la calidad de la información recopilada, su impacto potencial en el diagnóstico, la planificación del tratamiento, la facilidad de su uso versus el riesgo, incluyendo la exposición a la radiación y costos financieros¹⁰¹.

La anatomía tomográfica de las zonas de menor resistencia por donde probablemente se desplace la raíz del canino en su movimiento distal se describe en la mayoría de los casos con forma de “v” dejando a un lado la cortical del suelo de fosas nasales y al otro la cortical anterior y del suelo del seno maxilar. En otros la “v” se forma entre la cortical vestibular y el suelo o la cortical anterior del seno maxilar; en otros casos la “v” se forma entre la cortical vestibular y el suelo de fosas nasales. O también puede darse que el espacio sea más amplio y la distancia a las corticales del seno y las fosas nasales sea mayor y el espacio se forma entre las corticales palatinas y vestibulares¹⁸.

6. MOVIMIENTO ORTODÓNTICO

6.1. *Concepto*

El tratamiento ortodóntico se fundamenta en el principio de la remodelación del hueso alveolar como medio para trasladar o desplazar los elementos dentarios hacia posiciones más idóneas y por ende conseguir estabilidad y armonía oclusal. Por tanto, el concepto de movimiento dentario en ortodoncia se puede explicar como un fenómeno de remodelación ósea, que se produce a partir de la aplicación de una fuerza, para desplazar el diente a través del hueso arrastrando consigo su aparato de anclaje⁵⁹.

La remodelación ósea que permite el movimiento ortodóntico depende y está condicionada por una serie de factores estructurales, entre los que se pueden destacar la calidad de la esponjosa del hueso alveolar, la presencia de las corticales y la topografía de las estructuras anatómicas involucradas⁶¹.

6.2. *Teorías del movimiento ortodóntico*

La primera teoría que ha intentado explicar el movimiento dentario ortodóntico se remonta a 1880, cuando se estableció que los dientes se movían como un fenómeno de reodelación osea donde el lado que se opone al movimiento tendrá que reabsorberse para permitir el desplazamiento dentario, mientras que en el lado opuesto, la tensión de las fibras periodontales, originará el depósito de hueso sobre la superficie dentaria del hueso alveolar¹⁰²⁻¹⁰⁵. En la actualidad existen dos teorías principales que tratan de explicar el movimiento dental ortodóntico: la presión-tensión y la electricidad biológica.

En estas teorías la aparición de mediadores químicos en el proceso de aplicación de las fuerzas sobre el diente y tejidos periodontales juegan un papel importante en la activación celular del remodelado óseo.

La teoría de presión-tensión, relaciona el movimiento dentario con respuestas bioquímicas de las células y componentes extracelulares del ligamento periodontal y el hueso alveolar; la presión y la tensión dentro del ligamento periodontal pueden alterar el flujo sanguíneo, reduciendo o aumentando el diámetro de los vasos sanguíneos¹⁰⁶.

La presión reduciría el diámetro de los vasos sanguíneos y la tensión los aumentaría. Básicamente se genera compresión del ligamento periodontal en la zona hacia donde el diente es trasladado por la fuerza y sitios de tensión en el lado opuesto^{71,107}.

Histológicamente se generarían dos zonas, las de compresión y las de tracción; las de compresión son aquellas zonas hacia donde se dirige la fuerza aplicada. La compresión resulta en la deformación de vasos sanguíneos y desorden en los tejidos alrededor del diente. Ocurren cambios metabólicos en las células del ligamento periodontal como resultado de la hipoxia y la disminución de los niveles de nutrientes. En condiciones de hipoxia las células dependen de la glicolisis anaeróbica. Las células que se adaptan a esta nueva condición continuarán viviendo y las que no, morirán. La lisis celular generará la activación de un proceso inflamatorio local. Por otro lado, como se describe anteriormente, las fuerzas mecánicas generan hialinización de los tejidos. En modelos de ratas, la hialinización aparece 24 horas después de aplicada una fuerza ortodóntica. La remoción de este tejido está a cargo de los macrófagos¹⁰⁷.

Zonas de tensión: en el lado opuesto a la dirección en la que el diente se mueve a partir del estímulo generado por las fuerzas ortodóncicas ocurre la aposición de hueso, a la vez que se produce una nueva inserción de las fibras periodontales. Se diferencian osteoblastos de células precursoras locales quienes se encargan de secretar la matriz extracelular a lo que continúa el proceso de mineralización. Al producirse la tensión en el ligamento periodontal no ocurre la interrupción del riego sanguíneo, lo cual favorece la proliferación y diferenciación celular, que se hace evidente uno o dos días después de haber aplicado la fuerza. Luego se activa la función osteoblástica y se sintetiza un tejido osteoide, poco reabsorbible^{11,61}.

Evidencia extraída de los estudios sobre movimiento ortodóncico, sostienen unánimemente la hipótesis que se generan presiones diferenciales dentro del ligamento periodontal^{108,109}.

Por otro lado la teoría de la electricidad biológica, atribuye el movimiento dental a cambios en el metabolismo óseo, controlados por las señales eléctricas que se generan cuando el hueso alveolar se flexiona y deforma. Al producirse la deformación de la estructura cristalina del hueso, el desplazamiento de los electrones de una parte a otra produce un flujo de corriente eléctrica¹¹⁰.

Las señales eléctricas producidas interactúan con las cargas electronegativas de la membrana plasmática de las células metabólicamente activas en el proceso de remodelación, incrementándose la concentración intracelular de segundos mensajeros y potencian la respuesta celular¹¹¹⁻¹¹³. Según esta teoría, la propiedad biomecánica que controla la resorción y la neoformación ósea es el cambio en la curvatura superficial que se produce al aplicar la fuerza.

Respecto a la deformación ósea, Baumrind¹¹⁴, observó en un trabajo realizado en ratas, que la corona de un primer molar se desplazaba 10 veces más que lo que se reducía en ancho el ligamento periodontal del lado de presión. Esto sugeriría que el hueso expuesto a la presión, se deforma y que la deflexión ósea acompaña al movimiento dentario ortodóncico^{115,116}. Otros trabajos realizados en monos encontraron que para iniciar un desplazamiento dentario hacia vestibular o lingual eran necesarias fuerzas entre 50 y 100 gramos y que la deformación del hueso alveolar comenzaba una vez superados los 100 gramos. A pesar que la mayoría de los estudios se llevaron a cabo en animales de laboratorio, experimentos en humanos también demostraron que el hueso interseptal puede ser deformado¹¹⁷.

Cuando una fuerza mecánica es aplicada sobre un diente y luego transmitida al alvéolo adyacente, ocurre una deformación del hueso. Esto genera un cambio de cargas eléctricas superficiales. Se demostró que las áreas de tensión y actividad osteoblástica tenían un estado electronegativo mientras que en las áreas de presión, caracterizadas por una actividad osteoclástica, se encontraron cargas electropositivas¹¹⁸. Se ha propuesto que esta piezoelectricidad, producida por una deformación mecánica del hueso, sería la responsable de la activación de osteoclastos/osteoblastos produciendo la consecuente respuesta ósea¹¹⁹.

Sin embargo los problemas desde un punto de vista biológico son, si el fenómeno eléctrico es lo suficientemente discriminativo como para regular la actividad metabólica de células tan diversas como los osteoblastos y osteoclastos y por otro lado, el hecho que la piezoelectricidad no requiere de la presencia de células vivas; en el hueso muerto se muestra el mismo efecto, el cual parece ser generado por tensión cortante actuando sobre las fibras colágenas de la matriz ósea^{120,121}.

Ambas teorías no son incompatibles, ni mutuamente excluyentes, parece que ambos mecanismos juegan un papel importante en el control del movimiento dentario.

Cuando se habla de movimiento dentario ortodóntico se debe hacer referencia a la intensidad de la fuerza aplicada. Las fuerzas ortodónticas adecuadas que van a lograr la movilización sin alterar la estructura dentaria o las circundantes, se encuentran dentro de un rango relativamente pequeño, y se describen como fuerzas ligeras y continuas^{122,123}.

6.3. Movimiento ortodóntico distal de caninos superiores

Se entiende como movimiento distal aquel que se realiza para desplazar un diente en sentido posterior con respecto a la línea media facial o dentaria.

Una estrategia terapéutica utilizada en ortodoncia con la finalidad de generar espacio que permita acomodar los dientes, es la exodoncia dental. El espacio generado es utilizado por el resto de los dientes para ser rehabilitados en una posición correcta¹²⁴.

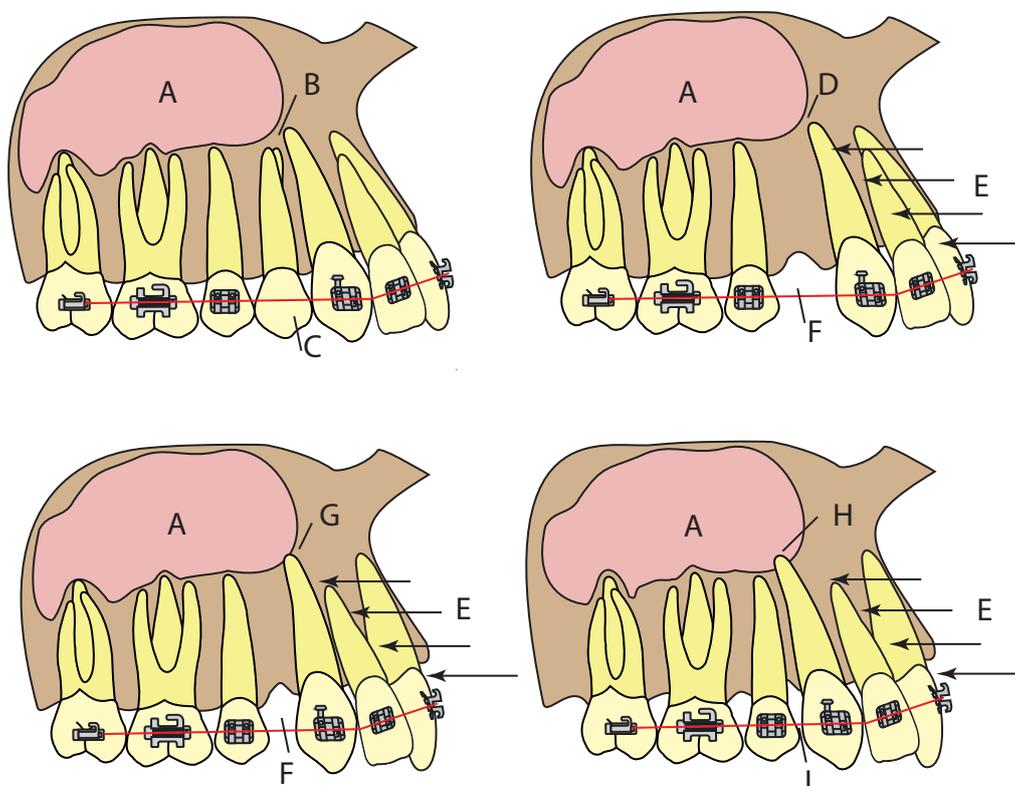


Figura 14. Movimiento distal ortodóntico del canino.

A. Seno Maxilar. B. Espacio entre seno y ápice de canino C. Diente a extraer. E. Dirección de la fuerza. F. Espacio disponible por la extracción. G. Contacto entre el ápice del canino y el seno. H. Fenestración del seno por el ápice del canino. I. Espacio de la extracción cerrado.

Fuente: Archivo personal.

En el caso de la estrategia de exodoncia de premolares superiores, dicho espacio se aprovecha de acuerdo a las necesidades del caso, ya sea moviendo hacia distal, es decir hacia atrás el canino y los incisivos o bien también moviendo hacia mesial es decir hacia adelante los segundos premolares y los molares¹²⁵.

El espacio generado por la exodoncia es tanto a nivel coronario como a nivel apical, lo que permite a las raíces desplazarse en sentido mesiodistal para alcanzar posiciones oclusales axiales a las fuerzas de la función, permitiendo mantener el equilibrio entre la presión de los labios y de la lengua y compensar dentariamente las anomalías maxilo mandibulares con resultados estables¹²⁶.

El problema de espacio se presenta en sentido vertical, cuando el ápice del canino choca con las corticales del seno maxilar o con el suelo de las fosas nasales.

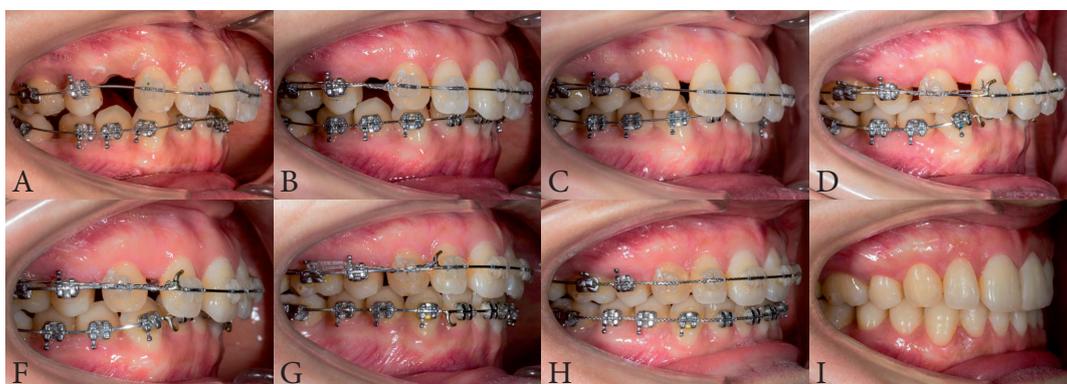


Figura 15. Movimiento distal de canino tras exodoncia de primer premolar superior.
A. Inicial. B. 6 Meses. C. 8 Meses. D. 10 Meses. E. 12 Meses. F. 15 Meses. G. 20 Meses. H. 24 meses.
Fuente: Archivo personal.

Sin extracciones las posibilidades terapéuticas de desplazamientos y movimientos son muy limitadas y se resumen sólo a movimientos coronarios, debido a la proximidad de las raíces de los elementos dentarios con las corticales y entre sí^{127,128}.

Para lograr un esquema rehabilitador estable en ortodoncia el canino superior se debería ubicar a distal y a vestibular del canino inferior, con una angulación positiva que permita la disclusión en los movimientos mandibulares de lateralidad¹²⁹.

Para alcanzar esta angulación positiva de la corona es necesaria una posición a distal de la raíz, con lo cual, aumentan las probabilidades de contacto con el seno maxilar y en estos casos dicha estructura anatómica condiciona y/o limita el movimiento ortodóncico complicando lograr dicha posición.

La topografía del suelo del seno maxilar y su relación con los ápices radiculares de los dientes superiores varían en cada paciente. El conocimiento de la dimensión vertical de esta relación es crucial para planificar y pronosticar el movimiento ortodóncico de los dientes a través del seno maxilar¹³⁰.

Se conoce que en la zona posterior del maxilar superior, con mayor frecuencia los primeros y segundos molares tienen sus raíces dentro del seno maxilar, sin embargo también los premolares y caninos suelen encontrarse en íntima relación con la cortical del seno, esto significa que en ocasiones en su porción apical estos dientes no están rodeados de suficiente hueso esponjoso, sino más bien de hueso cortical que rodea y limita el seno maxilar y el suelo de fosas nasales¹³¹.

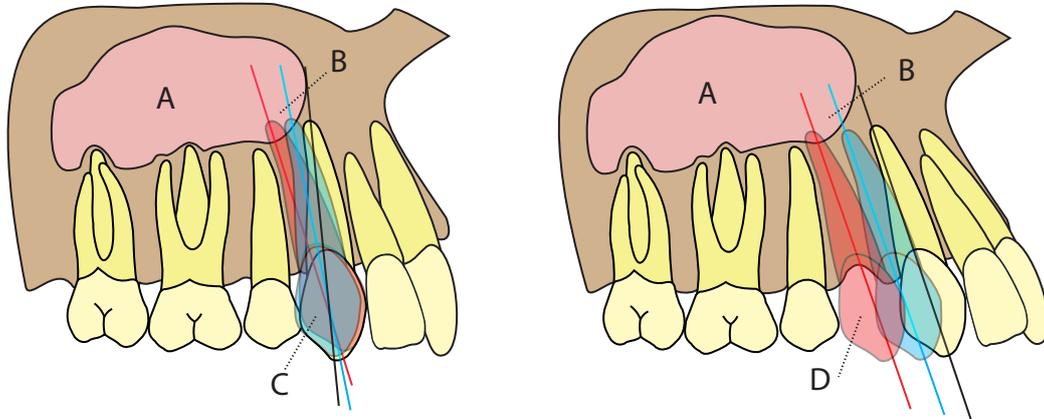


Figura 16. Posibles contactos según la posición del canino.
 A. Seno maxilar. B. Relación ápice canino-seno. C. Ángulación del canino. D. Posición distal.
 Fuente: Archivo personal.

Anteriormente hemos mencionado que el movimiento dentario ortodóntico necesita de hueso esponjoso de buena calidad que favorezca el desplazamiento, por tanto en estas situaciones las corticales dificultan o impiden el movimiento dentario. Además, la bidimensionalidad de la radiografía panorámica no permite definir la relación de las raíces con sus reparos anatómicos más próximos. En la experiencia clínica se ha observado una gran inestabilidad en la respuesta de distalamiento de los caninos. El cierre de espacio en ocasiones no se consigue lo que ha llevado a algunos clínicos a evitar el tratamiento con extracciones o abandonar completamente este recurso como estrategia terapéutica¹³¹.

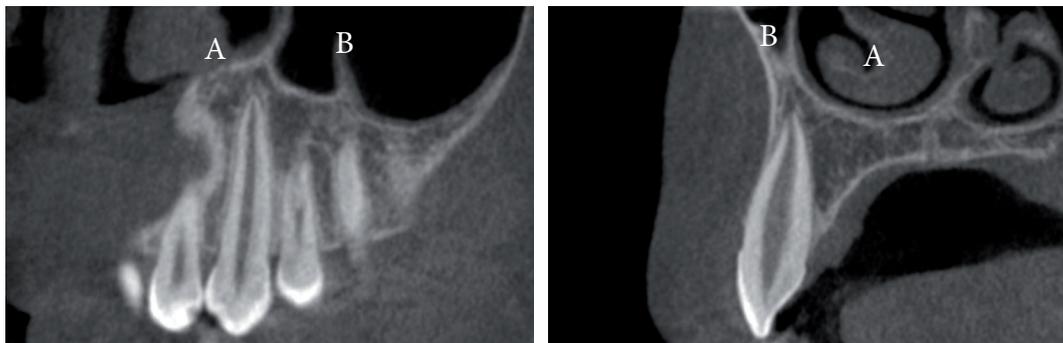


Figura 17. Corte frontal y sagital de relación entre ápice de canino y seno.
 A. Fosa nasal B. Seno Maxilar.
 Fuente: Archivo personal.

No conseguir completar el cierre de espacios trae como consecuencias, secuelas y problemas estéticos, periodontales y funcionales de compleja resolución y casi siempre con mal pronóstico a largo plazo^{130,132}.

En los casos tratados sin extracciones dentarias los riesgos de contactos con corticales, sinusales o nasales son mínimos dado el poco desplazamiento radicular en estas estrategias terapéuticas en las cuales sólo se producen movimientos coronarios.

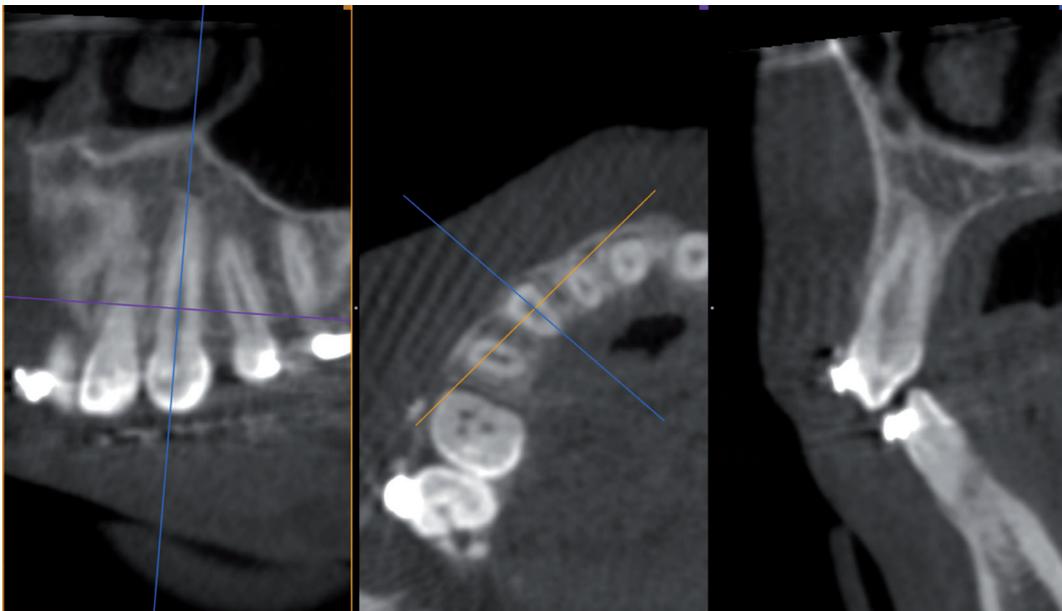


Figura 18. Canino tratado con espacio suficiente.
Fuente: Archivo personal.

Mientras que en los casos tratados con extracciones de primeros premolares superiores los movimientos radiculares son máximos y el canino puede verse expuesto al contacto sinusal o nasal.

La distancia mínima que se puede mover hacia distal un canino se da cuando todo el espacio dejado por la extracción del primer premolar superior es ocupado por el movimiento mesial del segundo premolar superior. En dicho caso el canino casi no se moverá con lo cual el riesgo de contacto con las corticales es mínimo¹³³.

La distancia máxima que se puede mover hacia distal un canino es en promedio 7,5 milímetros, que es el espacio dejado por la extracción del primer premolar¹³³. En esta situación las probabilidades de contacto de la raíz del canino con el suelo de fosas nasales o con el seno maxilar es máxima. En dichos casos la presencia de las corticales del seno maxilar y suelo de fosas nasales pueden dificultar el desplazamiento distal del canino, e impedir alcanzar la posición planificada. Se han referido estudios que encuentran en las radiografías de control reabsorciones apicales del canino¹³⁴.

La necesidad de la terapia de extracciones como compensación dentaria a los problemas maxilo mandibulares puede explicarse cuando existe una falta de desarrollo de los maxilares en el sentido anteroposterior o sagital, en dicha situación los dientes deben adquirir una relación tridimensional entre arriba y abajo que compense las alteraciones maxilomandibulares. En los patrones maxilomandibulares divergentes tendientes a la mordida abierta la compensación dentaria se debe hacer mediante la inclinación hacia palatino y/o lingual de los incisivos ocupando los caninos parte del espacio de la extracción¹³³.

En los tratamientos de clase II es frecuente la retracción de los dientes anterosuperiores, cuando estas retracciones son de gran magnitud se pueden plantear problemas de contactos entre las raíces del canino y la cortical anterior del seno maxilar o del suelo de las fosas nasales¹³⁵.

Durante los movimientos de intrusión y mesiodistales los incisivos superiores pueden tomar contacto con la cortical del suelo de fosas nasales y con el agujero nasopalatino. En los molares y premolares superiores el riesgo de contacto con el suelo de seno maxilar durante los movimientos de intrusión y mesiodistales es alto. Existen en la bibliografía recomendaciones acerca de la proximidad de estas estructuras con dichos elementos dentarios durante los movimientos ortodónticos^{48,136,137}.

Sin embargo, en lo que respecta al canino superior, debido a la variabilidad topográfica de la zona y a la dificultad de análisis mediante radiología convencional, durante los movimientos de intrusión como así también durante los movimientos mesiodistales pueden darse distintas situaciones de proximidad ya sea con la cortical del suelo de fosas nasales o con el seno maxilar. No se encuentra en la bibliografía suficiente información acerca de las posibles relaciones del canino con dichas corticales durante el movimiento ortodóntico^{135,138}.

El límite recomendado para mover ortodónticamente los dientes es dentro del hueso esponjoso, tratando de evitar las corticales por ser éstas zonas poco seguras para los movimientos ortodónticos en un enfoque que contemple la salud periodontal, esto hace necesario conocer la topografía de las zonas involucradas en el movimiento dental para planificar estos límites en el reposicionamiento dental y evitar secuelas iatrogénicas⁷⁶.

Los estudios de Weirbein *et al*¹³⁹ mostraron que al mover los dientes comprimiendo la cortical del suelo de seno maxilar se provocaba una moderada reabsorción apical de las raíces y una exagerada inclinación del diente tanto durante la intrusión como durante el movimiento horizontal.

Park *et al*¹³⁰ en mesialamiento de molares observaron mínima reabsorción radicular evaluado radiográficamente, sin embargo, aclaran al igual que varias investigaciones, que los cambios en los tejidos a nivel histológico muestran una reabsorción radicular de mayor consideración que lo que se puede observar radiográficamente.

Algunas publicaciones han sugerido que si el diente se mueve hacia una zona donde existe un defecto óseo, el defecto se va reduciendo conforme el diente va tomando su lugar¹⁴⁰⁻¹⁴². Al mismo tiempo, en el lugar previamente ocupado por el diente se formará hueso sin dejar defecto. Esta respuesta al desplazamiento ortodóntico puede ser utilizada con fines clínicos para crear hueso en zonas donde no es suficiente, desplazando piezas dentarias vecinas a zonas con insuficientes rebordes. Si bien esta teoría se puede aplicar en cualquier área de la boca, en áreas posteriores del maxilar superior puede verse imposibilitada ya bien, porque la cresta ósea esté muy reabsorbida o el seno maxilar muy neumatizado o muy próximo.

Aunque no existe evidencia suficiente, algunos autores consideran que si se pretende distalizar un premolar o un canino, al ir hacia atrás la raíz del diente va desplazando el suelo del seno hasta la altura de su ápice, pudiendo colocar el diente en el área de hueso neoformado.

Cardaropoli⁸⁰ ha encontrado que es posible mover los dientes a través de las limitaciones anatómicas como las barreras sinusales, suturales y corticales. En su investigación este autor evaluó el movimiento dental en cuerpo a través del seno maxilar, y encontró que este puede ser movido ortodónticamente hacia el seno maxilar manteniendo la vitalidad del diente y el soporte óseo, usando fuerzas ortodónticas óptimas y sin elevación quirúrgica del seno.

Si el diente se intruye, el hueso también se desplaza apicalmente en su inserción al diente creando defectos intra alveolares. Estos deben ser tratados periodontalmente después del movimiento ortodóncico.

Además se ha demostrado que si un diente se intruye en presencia de buena higiene oral y por ende salud gingival, es posible generar nueva formación de cemento con inserción de fibras colágenas^{143,144}. Si por el contrario el diente se extruye, el hueso alveolar se desplaza coronariamente con el diente¹⁴⁵.

En las superficies radiculares también se producen fenómenos de reabsorción, siendo más manifiestas cuando éstas se comprimen contra corticales más gruesas, densas y menos vascularizadas como al comprimir las corticales sinusales, nasales, palatina y de la sínfisis mandibular en la zona lingual a nivel radicular^{146,147}.

La superficie radicular, el cemento, el hueso cortical y esponjoso tienen distintas densidades minerales y distinta vascularización, por lo cual reaccionan con distintos ritmos de reabsorción y aposición¹⁴⁸.

La densidad mineral alveolar ósea se encuentra asociada a la formación de áreas de hialinización y zonas de reabsorción radicular durante el tratamiento ortodóncico y este proceso también puede estar influenciado por el grado de densidad mineral de la zona radicular¹⁴⁹.

Jiam *et al*¹³² en un estudio radiográfico prospectivo encontraron cambios en la densidad ósea durante la retracción de caninos. La reducción máxima de la densidad en UH la encontraron en el plano coronal en dirección del movimiento del diente. Sin embargo, en áreas de la capa cortical del hueso alveolar estos mismos autores concluyeron que lo que sucede allí con el modelado y remodelado óseo aún necesita ser investigado.

La pérdida de altura del hueso cortical vestibular, lingual o palatino tiene consecuencias desfavorables, tanto el aumento de la longitud de la corona clínica ya que ocasiona la migración apical del epitelio de unión dejando una mayor exposición coronaria, como también la pérdida de soporte óseo¹¹⁰. La disminución de la longitud radicular, sumado al aumento de la longitud de la corona clínica resta estabilidad a la unidad alvéolodental¹⁵⁰⁻¹⁵³.

Si bien los fenómenos de reabsorción y aposición de las corticales vestibulares y linguales frente al movimiento dental ortodóntico han sido descritas en la literatura y se tienen en cuenta para el proceso diagnóstico, no sucede lo mismo con las corticales del seno maxilar y del suelo de fosas nasales que no se tienen en cuenta habitualmente para el diagnóstico ni para planificar el tratamiento.

La topografía de las corticales vestibulares y linguales han sido analizadas tradicionalmente con radiografía convencional, telerradiografía y ortopantomografía, y estas sólo permiten interpretar las zonas de incisivos, pero son poco eficientes para analizar zonas más complejas como las del seno maxilar y suelo de fosas nasales y poder integrarlas en la planificación del tratamiento¹⁵⁴.

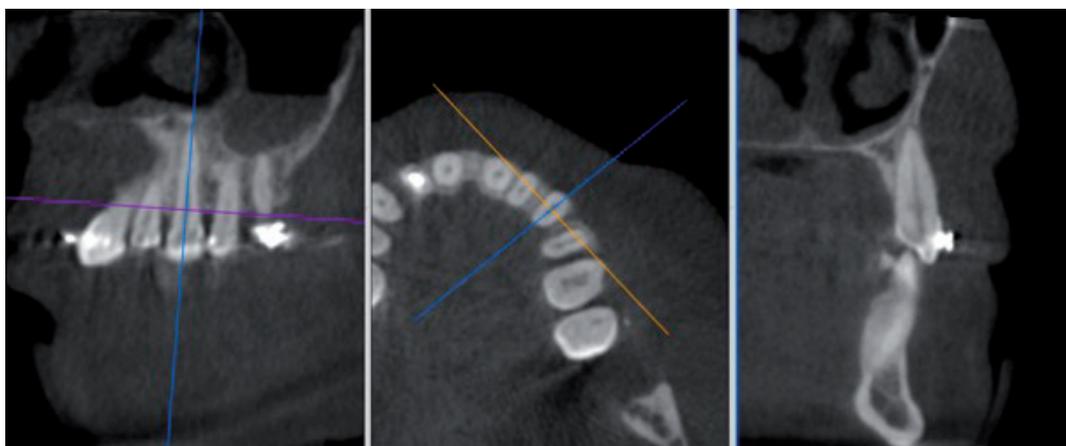


Figura 19. Fenestración de la cortical vestibular post tratamiento ortodóntico.
Fuente: Archivo personal.

Los movimientos en el maxilar superior vestibulo palatinos provocan compresiones contra las corticales vestibulares y palatinas mientras que los movimientos mesio distales y de intrusión producen compresiones en las corticales de seno maxilar y suelo de fosas nasales¹⁵⁵.

En ocasiones la retracción de caninos puede provocar dehiscencias óseas o fenestraciones, las primeras, pueden definirse como el aumento de la distancia entre la unión amelo cementaria y la cresta de hueso alveolar vestibular o lingual y las fenestraciones son zonas de hueso alveolar vestibular o lingual que exponen pequeñas zonas radiculares¹⁵⁶.

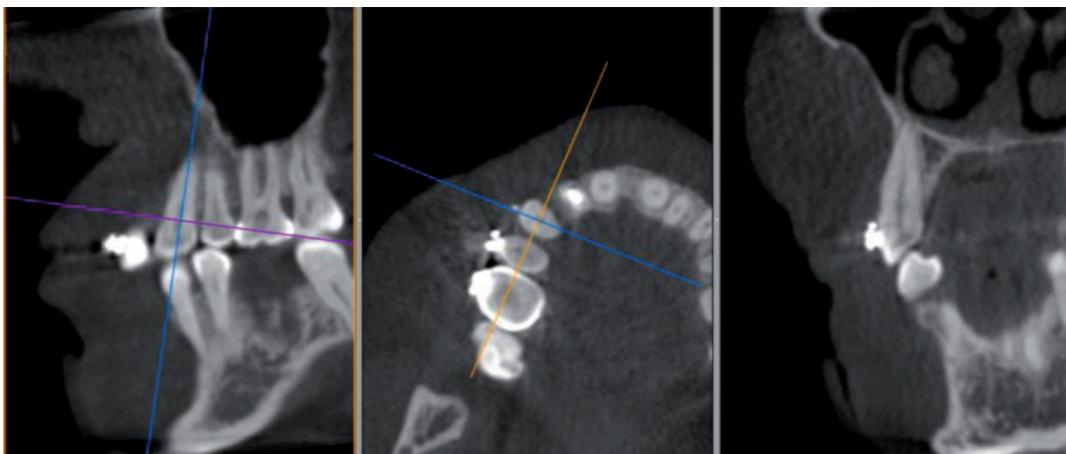


Figura 20. Fenestración de la cortical nasal post tratamiento ortodóntico.
Fuente: Archivo personal.

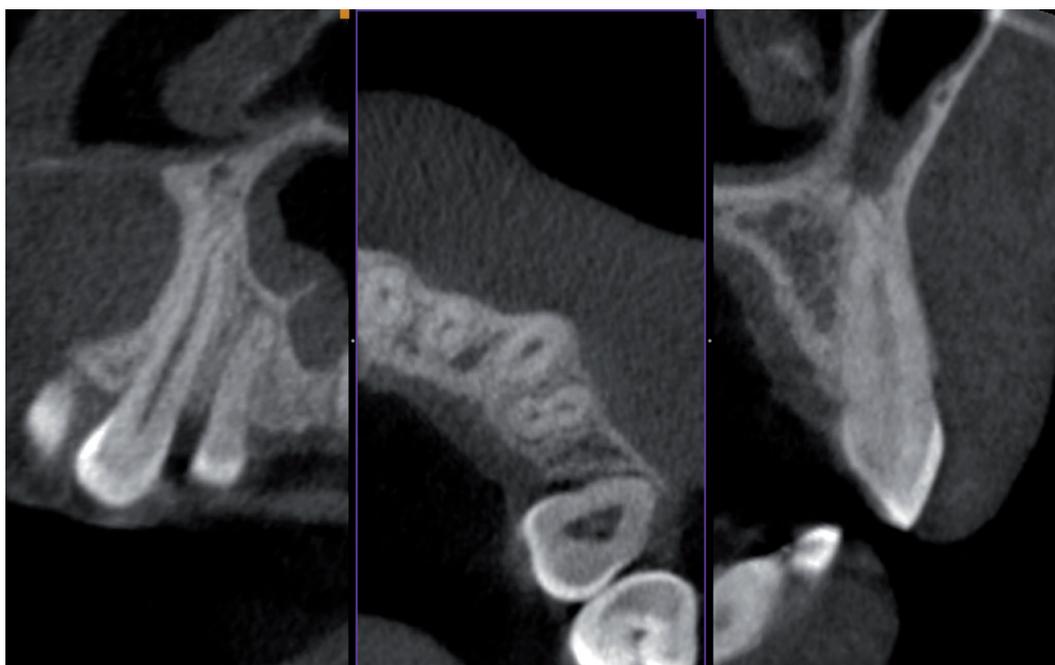


Figura 21. Fenestración de la cortical sinusal post tratamiento ortodóntico.
Fuente: Archivo personal.

Las raíces de los caninos se desplazan a distal por las zonas de menor resistencia, es decir por la esponjosa y entre las corticales, las cuales se comportan como zonas menos favorables al avance radicular, con el riesgo de producir reabsorciones radiculares de las raíces que ejercen presión sobre ellas¹⁵⁷⁻¹⁶⁰.

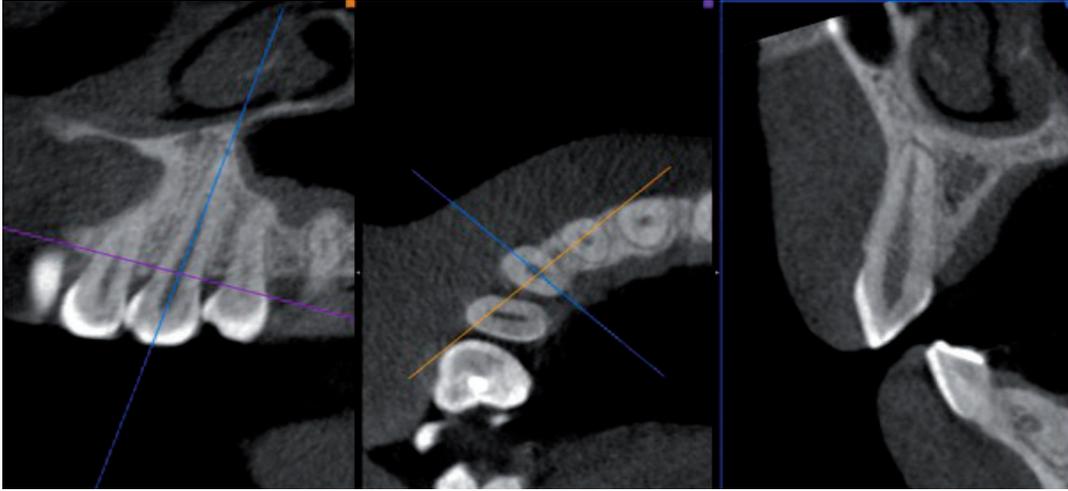


Figura 22. Reabsorción radicular en contacto con la cortical nasal.
Fuente: Archivo personal.

CAPÍTULO II. JUSTIFICACION E HIPÓTESIS

JUSTIFICACIÓN E HIPÓTESIS

A. JUSTIFICACIÓN

La anatomía de los senos maxilares y fosas nasales presenta innumerables variaciones en la población humana, no existiendo clínicamente la posibilidad de predecir el volumen y la arquitectura de los mismos y a su vez senos, celdillas y septos pueden, separados o completamente comunicados con el volumen principal, encontrarse en íntima relación con las raíces de los dientes superiores¹⁶¹.

Desde una visión antropológica, en la especie homo sapiens la tendencia a la reducción del volumen dentario es aproximadamente del 1% cada 2000 años¹⁶². Así también, se ha observado una reducción progresiva del tamaño de los maxilares, hecho que probablemente se encuentre asociado al cambio de la dieta, más blanda en los grupos agricultores¹⁶³. Sin embargo, a pesar de estas tendencias reduccionistas se observa un progresivo aumento del apiñamiento dentario en el género sapiens¹⁶⁴.

En algunos grupos humanos modernos pueden encontrarse con frecuencia algunos síntomas asociados a la discrepancia entre el volumen de los dientes y el tamaño de los maxilares, tales como el apiñamiento dentario. Este síntoma también suele estar asociado a otros hechos, por ejemplo: a la dificultad de los incisivos laterales permanentes para erupcionar provocando reabsorciones anómalas de caninos temporarios que no debería producirse en condiciones de erupción ideal. En el sector posterior los primeros molares permanentes en su etapa eruptiva pueden reabsorber las raíces de los segundos molares temporarios, ocasionando una pérdida de espacio. La falta de espacio para la completa erupción de los segundos molares permanentes se presenta con frecuencia, como la presencia de terceros molares y caninos retenidos que tienen una alta prevalencia en la población¹⁶⁵.

Otras investigaciones reportan un aumento en la prevalencia de agenesias, especialmente de terceros molares, de segundos premolares e incisivos laterales, sin embargo, puede pensarse que el cambio será incierto en términos evolutivos, y en el corto plazo no compensaría la fuerte tendencia poblacional al apiñamiento dentario¹⁶⁶⁻¹⁶⁸.

La odontología, específicamente la ortodoncia, se ha dedicado a estudiar e instaurar medidas terapéuticas odontológicas para compensar los cambios antropológicos-anatómicos, con diversas estrategias compensadoras como parte del tratamiento ortodóntico.

Estas medidas terapéuticas, pueden ser aplicadas antes, durante o después del recambio dentario, y de acuerdo al momento en el que se intervenga pueden incluir la reducción artificial del número de dientes, procedimientos de extracciones seriadas, germectomías de premolares o germectomías de terceros molares^{169,170}.

La extracción de primeros premolares superiores es una estrategia compensadora basada en la reducción artificial del número de dientes que se utiliza con frecuencia en ortodoncia. Esto persigue evitar cambios en los perfiles faciales equilibrados y busca posiciones dentarias más estables, manteniendo el equilibrio en la función del labio, la lengua, la salud periodontal, articular y muscular¹⁷¹⁻¹⁷⁴.

El espacio dejado por el primer premolar que se extrae se cierra con el movimiento hacia distal corono radicular de los caninos. De acuerdo con observaciones clínicas de ortodoncistas se plantean diferentes dificultades para realizar dichos movimientos, a veces no alcanzando los objetivos. Ello podría ser atribuido a la estrecha y variable relación del canino con el seno maxilar y el piso de fosas nasales presentes en esa zona.

Teniendo en cuenta que estadísticamente la longitud corono radicular de los caninos superiores es 5 milímetros más larga que la de los primeros premolares y dado que, la relación existente entre él o los ápices del primer premolar con el seno maxilar y las fosas nasales es considerablemente estrecha, se podría sugerir que en algunas ocasiones durante la retracción distal de los caninos al sitio dejado por la extracción de primeros premolares superiores, la raíz del canino y el seno maxilar o las fosas nasales ocupen un mismo espacio^{27,31}.

En la literatura revisada no se encuentra suficiente evidencia científica que pueda explicar con claridad la razón por la cual en algunos casos se dificulta el movimiento hacia distal del canino. Sin embargo clínicamente el ortodoncista encuentra que en dichos tratamientos se complica el cierre completo de los espacios y la posibilidad de ubicar el canino con la angulación e inclinación adecuada, como así también es frecuente la reabsorción radicular de los caninos cuando el distalamiento ha sido especialmente difícil.

Por este motivo se considera oportuno realizar un estudio observacional de la frecuencia con que la raíz del canino podría contactar con la cortical de piso de fosas nasales y/o con la cortical del seno maxilar durante el movimiento corono radicular distal del canino superior.

La justificación e importancia clínica de este trabajo estaría dado en el hecho en que en los tratamientos de ortodoncia en los cuales se realiza la extracción de premolares superiores y posteriormente la retracción de caninos hacia el espacio generado conlleva la necesidad de predecir y pronosticar la reacción de las estructuras anatómicas involucradas siguiendo protocolos tomográficos que guíen la planificación del tratamiento.

B. HIPÓTESIS

Un alto porcentaje de la población que será sometida a exodoncia de primer premolar superior seguida de un movimiento distal del canino superior, no presenta un espacio disponible vertical en la zona de la extracción donde sea posible alojar la raíz del canino sin que se produzcan remodelaciones anatómicas del seno maxilar, suelo de fosas nasales, de la raíz del canino o que las corticales se comporten como barreras anatómicas y no sea posible conseguir un correcto posicionamiento.

CAPÍTULO III. OBJETIVOS

OBJETIVOS

I

Identificar posibles relaciones de proximidad con el seno maxilar y/o el suelo de las fosas nasales durante el movimiento ortodóntico distal del canino superior.

II

Conocer la prevalencia del contacto de la raíz del canino superior con las corticales del seno maxilar y/o del suelo de las fosas nasales en la población estudiada.

III

Determinar la influencia de la edad y el sexo en el riesgo de contacto entre la raíz del canino superior y las corticales sinusales y/o nasales del hueso maxilar superior en la población estudiada.

IV

Reconocer los indicadores de riesgo de contacto entre la raíz del canino superior y las corticales sinusales y/o nasales durante el movimiento ortodóntico distal del mismo.

CAPÍTULO IV. MATERIAL Y MÉTODO

MATERIAL Y MÉTODO

A. DISEÑO DEL ESTUDIO:

Se realizó un estudio observacional, descriptivo y transversal.

B. POBLACIÓN Y MUESTRA:

Se tomaron N=600 tomografías axiales computadas de haz cónico, archivadas en Institución radiológica Nemo, situada en la ciudad de Murcia, tomadas a pacientes entre los años 2011 y 2014; enumeradas del 1 al 600 por orden de la fecha de obtención y se seleccionaron por aleatorización simple 300 tomografías, a las cuales se les aplicaron criterios de inclusión y exclusión, quedando para componer la muestra 110 tomografías. Se realizaron mediciones a ambos lados.

C. CRITERIOS DE INCLUSIÓN:

- a.) Dentición permanente con presencia de primeros premolares y caninos superiores con la formación radicular completa.
- b.) Presencia de caninos retenidos o mal posicionados con la presencia de primeros premolares bien posicionados.
- c.) La condición anatómica buscada proximidad de seno o fosas nasales al canino o premolar presente y observada con claridad.

D. CRITERIOS DE EXCLUSIÓN:

- a.) Ausencia de canino o de primer premolar por cualquier causa, (agenesia, exodoncia etc.)
- b.) Destrucción coronaria del primer premolar superior por rehabilitación coronaria, caries, u otra causa que no permita la medición.
- c.) Primer premolar superior retenido o mal posicionado.

- d.) Implante en zona de canino o premolar superior.
- e.) Área relevada insuficiente para visualizar todas las estructuras involucradas en el estudio, imagen es borrosa o archivo dañado. Las corticales palatinas o nasales fuera del área explorada por los cortes tomográficos fueron excluidos de la muestra.
- f.) Patología de senos maxilares o de fosas nasales con alteraciones anatómicas del seno o piso de fosas.

E. LUGAR DE DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN:

El estudio se desarrolló en las instalaciones de la cátedra de anatomía de la Universidad Católica San Antonio de Murcia.

F. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES:

1. Variables cualitativas:

Las variables cualitativas que se analizaron fueron:

- El sexo, considerando las categorías hombre o mujer.
- El lado de la cara, teniendo en cuenta el lado donde se realizaron las mediciones.
- El contacto con la cortical del seno maxilar o del suelo de fosas nasales, definida como la relación de contacto entre el ápice del primer premolar con dichas estructuras anatómicas,

Consideramos que al desplazar el canino al espacio dejado por la extracción del primer premolar hará contacto similar al que haya tenido este con las estructuras anatómicas circundantes. Esta variable se categorizó de acuerdo al contacto sea sinusal, nasal o sinusal-nasal, (ver fila 4 de la Tabla 2).

Tabla 2: Operacionalización de las variables

Variable	Conceptualización	Indicador/ categorías
Edad	Considerada en años al momento de la toma tomográfica.	Variable cuantitativa (medida en años)
Sexo	Considera el género masculino o femenino.	Variable cualitativa 1=hombre/2=mujer
Lado de la cara	Considera el lado de la cara adonde se realiza la medición.	Variable cualitativa izquierdo=1/derecho=2
Contacto cortical	Definida como la relación de contacto del ápice del primer premolar con el seno maxilar, con el suelo de fosas nasales o con ambas estructuras.	Variable cualitativa Sinusal (S), Nasal(N), Sinusal-Nasal (SN). Figura 23
Longitud del premolar	Distancia desde la cúspide vestibular del primer premolar al ápice de la raíz del mismo, utilizando como referencia el eje mayor del diente.	Variable cuantitativa (medida en milímetros) Figura 24 y 25
Longitud del canino	Distancia desde la cúspide del canino al ápice de la raíz del mismo, utilizando como referencia el eje mayor del diente.	Variable cuantitativa (medida en milímetros) Figura 24 y 25
Espacio disponible	Distancia en milímetros desde la cúspide vestibular del primer premolar hasta el suelo de fosas nasales, hasta el seno maxilar o hasta la unión de alguna de dichas corticales según corresponda.	Variable cuantitativa (medida en milímetros) Figura 24

2. Variables cuantitativas

- Las variables cuantitativas consideradas fueron:
- La edad en años al realizarse la tomografía.
- La longitud del premolar, definida como la distancia desde la cúspide vestibular del primer premolar al ápice del mismo, a través del eje mayor del diente. Fig 23 y 24
- La longitud del canino, definida como la distancia desde la cúspide vestibular del canino al ápice de la raíz del mismo, utilizando como referencia el eje mayor del diente. Fig 23 y 24
- El espacio disponible, definido como la distancia desde la cúspide vestibular del primer premolar hasta el suelo de fosas nasales, hasta el seno maxilar o hasta la unión de alguna de las corticales según se observe, expresada en milímetros. Fig 23

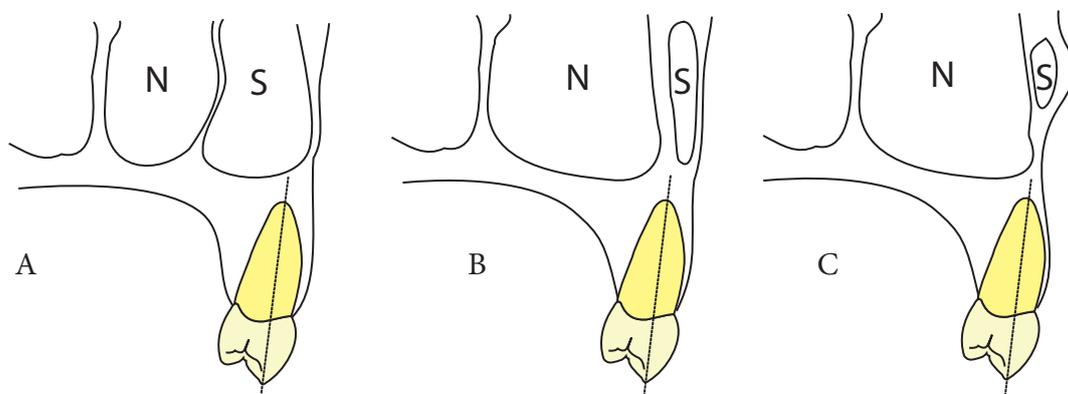


Figura 23. Representación gráfica de la variable contacto cortical.

A. Sinusal. B. Sinusal nasal. C. Nasal.

Fuente: Archivo personal.

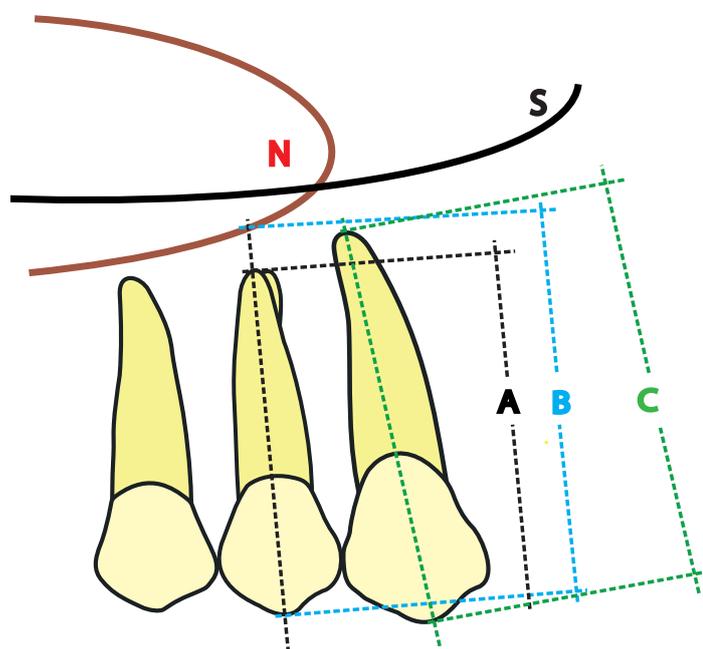


Figura 24. Representación gráfica de las variables cuantitativas.

A. Longitud del premolar. B. Espacio vertical disponible C. Longitud del canino.

N. Suelo de fosas nasales. S. Seno maxilar.

Fuente: Archivo personal.

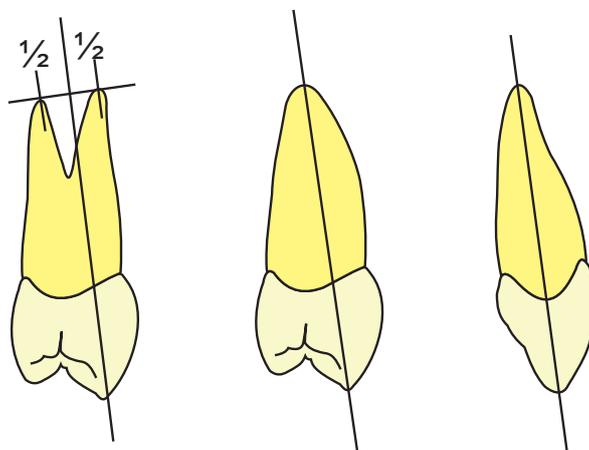


Figura 24. Representación gráfica del eje mayor del primer premolar y del canino.
Fuente: Archivo personal.

Tabla 3: Relación de variables

	Descripción de la relación	Nomenclatura
Diferencia entre espacio disponible y longitud de canino (Figura 26)	Cuando la longitud del canino fue mayor que el espacio disponible el valor de la relación fue negativo, se consideró una situación problemática para distalar el canino.	Discrepancia vertical negativa. (Figura 27 D-)
	Cuando la longitud del canino y el espacio disponible fueron equivalentes el valor de la relación se consideró cero.	Discrepancia vertical cero. (Figura 27 D0)
	Cuando la longitud del canino fue menor que el espacio disponible el valor de la relación fue positivo, se la consideró no problemática para distalar el canino.	Discrepancia vertical positiva. (Figura 27 D+)
Diferencia entre longitud de premolar y longitud de canino (Figura 28)	Se consideró la diferencia entre las dos variables. (expresada en milímetros)	Longitud de Premolar Longitud de canino
Diferencia entre espacio disponible y longitud del premolar (Figura 29)	Se consideró la distancia entre las dos variables (expresada en milímetros)	Ápice del premolar-cortical o distancia ápice cortical.

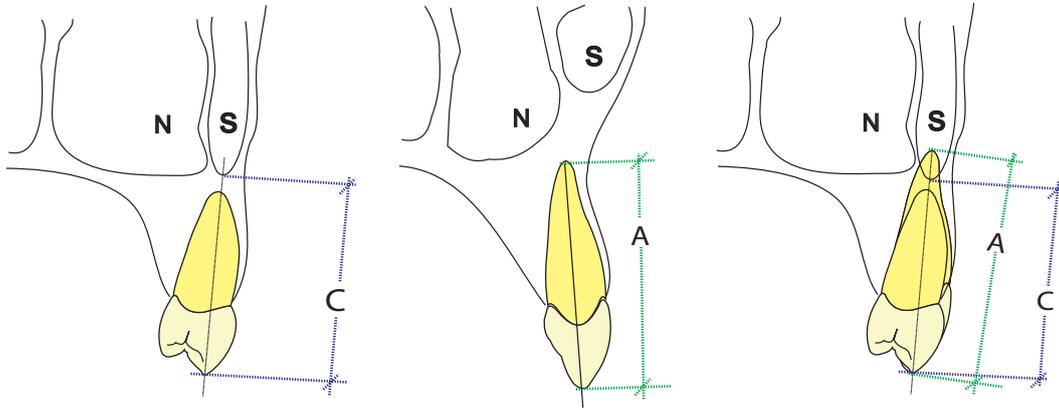


Figura 26. Relación entre espacio disponible y longitud del canino.
 A) Longitud del canino. C) Espacio disponible. N) Fosas nasales. S) Seno maxilar.
 Fuente: Archivo personal.

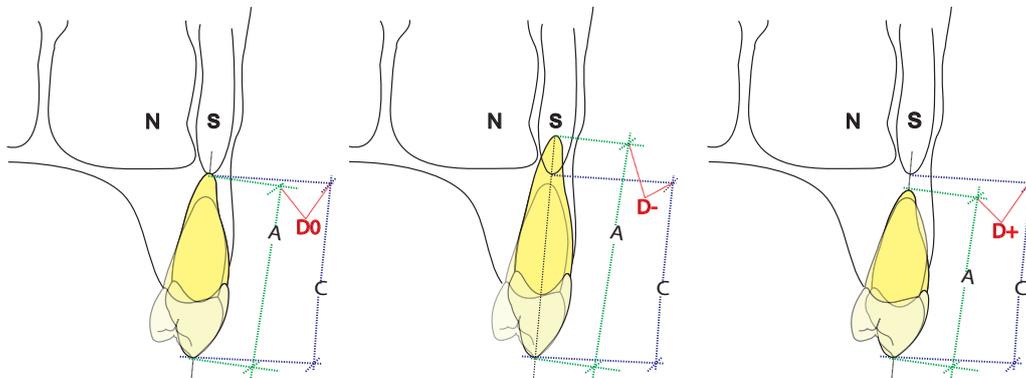


Figura 27. Relación entre espacio disponible y longitud del canino.
 A) Longitud del canino. C) Espacio disponible. D0) Discrepancia cero. D-) Discrepancia negativa.
 D+) Discrepancia positiva. N) Fosas nasales. S) Seno maxilar.
 Fuente: Archivo personal.

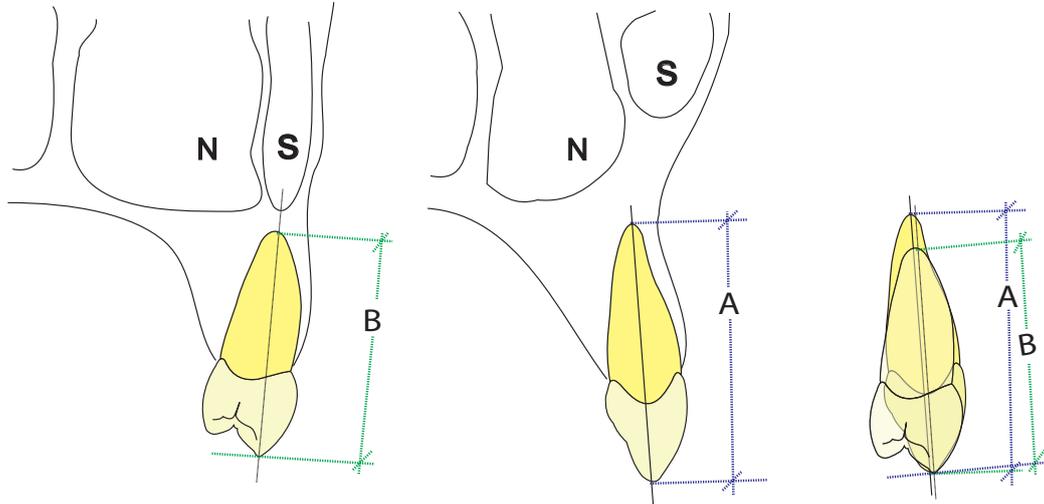


Figura 28. Relación entre longitud del premolar y longitud del canino.
 A) Longitud del canino. B) Longitud del premolar. N) Fosas nasales. S) Seno maxilar.
 Fuente: Archivo personal.

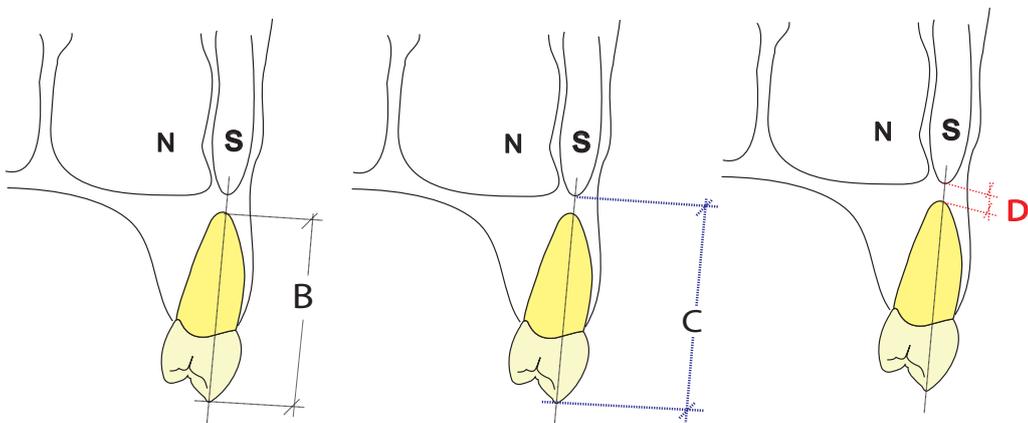


Figura 29. Relación entre la longitud del premolar y el espacio disponible.
 B) Longitud del premolar. C) Espacio disponible. N) Fosas nasales. S) Seno maxilar.
 Fuente: Archivo personal.

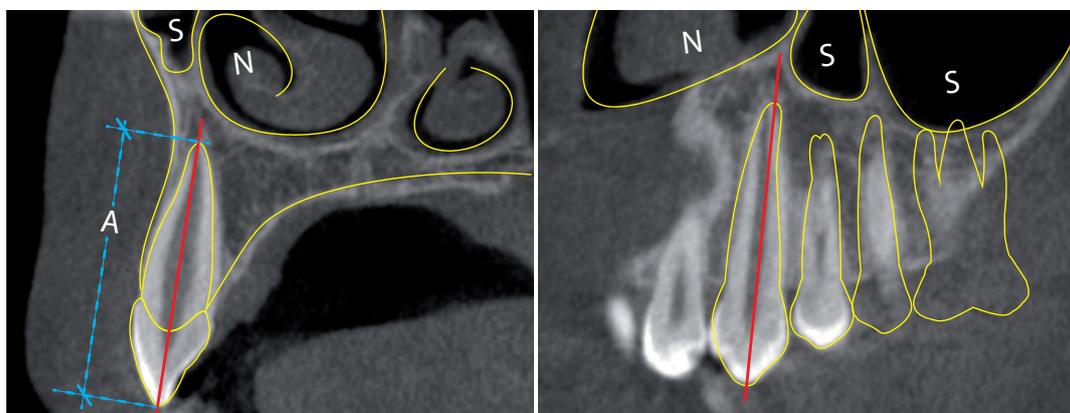


Figura 30. Medición de las variables cuantitativas en CBCT del canino.

A) Longitud del canino. N) Fosas nasales. S) Seno maxilar.

Fuente: Archivo personal.

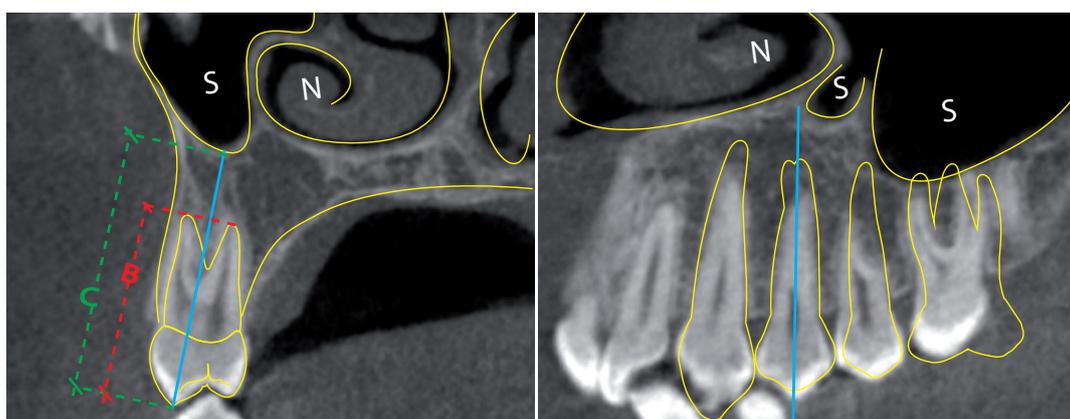


Figura 31. Medición de las variables cuantitativas en CBCT del primer premolar.

B) Longitud del premolar. C) Espacio disponible N) Fosas nasales. S) Seno maxilar.

Fuente: Archivo personal.

G. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS:

Los datos (mediciones) fueron recolectados por un mismo examinador, utilizando un ordenador portátil Macbook Pro 15" con procesador Intel i7 2.7 Ghz. 16 GB RAM. 512 GB de disco flash y tarjeta gráfica NVIDIA GeForce GT 650M de 1024 MB.

H. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Se utilizó para las mediciones de las variables en las CBCT el programa de análisis OsiriX versión free.

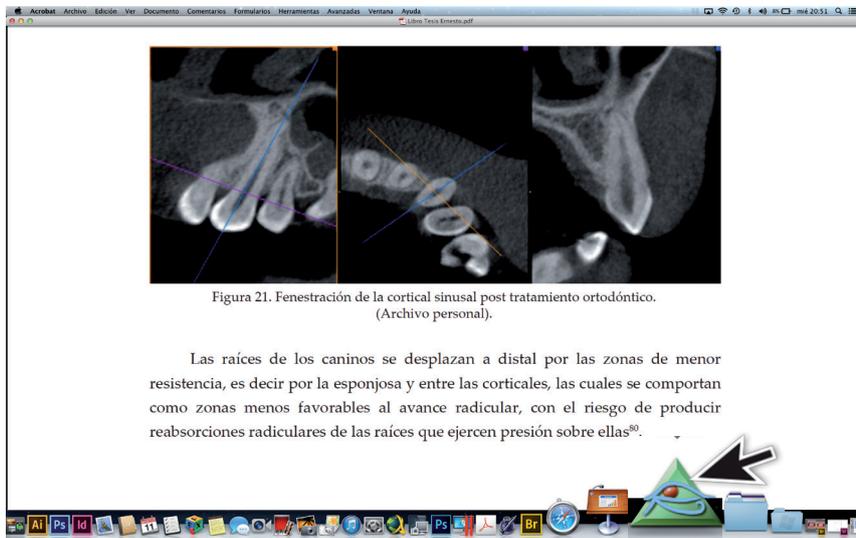


Figura 21. Fenestración de la cortical sinusal post tratamiento ortodóntico. (Archivo personal).

Las raíces de los caninos se desplazan a distal por las zonas de menor resistencia, es decir por la esponjosa y entre las corticales, las cuales se comportan como zonas menos favorables al avance radicular, con el riesgo de producir reabsorciones radiculares de las raíces que ejercen presión sobre ellas⁶⁰.

Figura 32. Programa Osirix. Fuente: Archivo personal.

I. PROTOCOLO A SEGUIR PARA REALIZAR LAS MEDICIONES:

Los archivos de las exploraciones en formato DICOM serán clasificados en orden y guardados en un disco duro. Asociados al programa OsiriX mediante el comando importar.

g.) Doble clic con el botón izquierdo sobre el nombre del archivo a analizar.

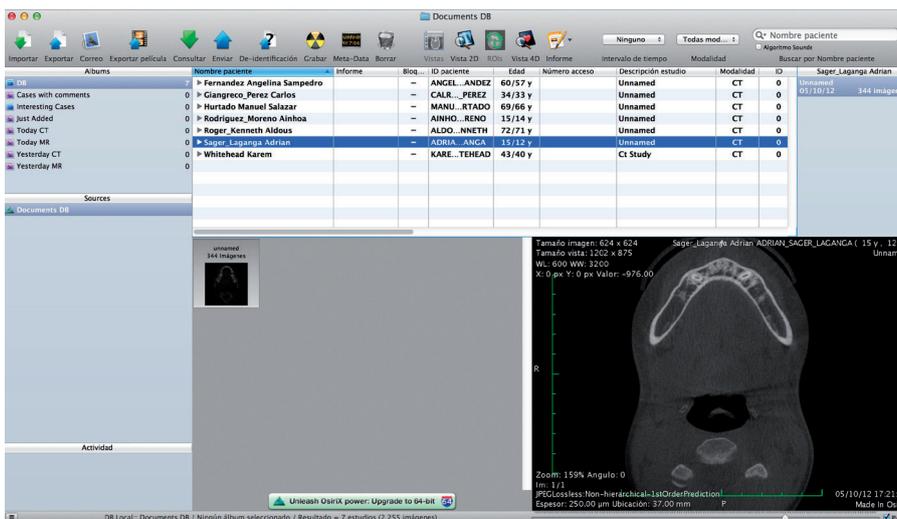


Figura 33. Paso 1 Protocolo de medición. Fuente: Archivo personal.

- h.) Se desplegó el menú 3D ,y se seleccionó 3D MPR , con lo cual se accedió a la pantalla donde se encontraban las tres vistas, en el plano sagital, horizontal y frontal.



Figura 34. Paso 2 Protocolo de medición.
Fuente: Archivo personal.

- i.) Se sincronizó el zoom con la herramienta del mismo nombre, lo que permitió que todas las vistas estuvieran con la misma escala.

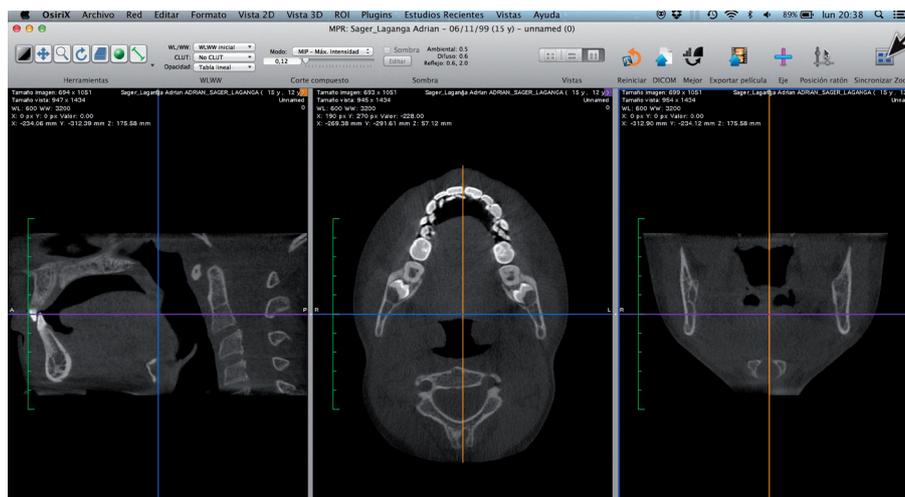


Figura 35. Paso 3 Protocolo de medición.
Fuente: Archivo personal.

- j.) En el corte lateral o frontal se colocaron, el plano horizontal en la mitad de los dientes superiores (lado izquierdo) y se ajustó el tamaño de visualización con el botón lupa.

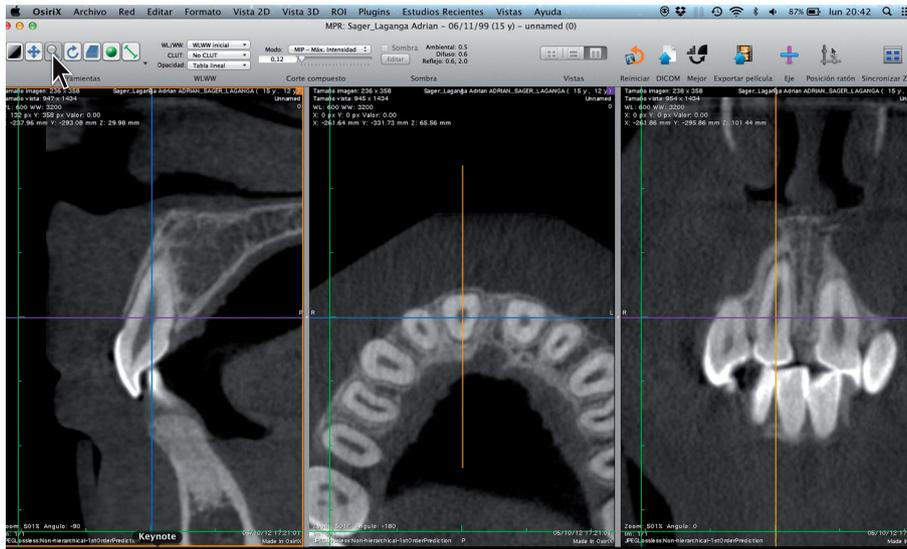


Figura 36. Paso 4 Protocolo de medición.
Fuente: Archivo personal.

- k.) En el corte horizontal colocamos el cruce de planos en el centro del corte de canino y se alineó el frontal (amarillo) en el sentido mesiodistal y el plano sagital en el sentido vestibulo palatino.

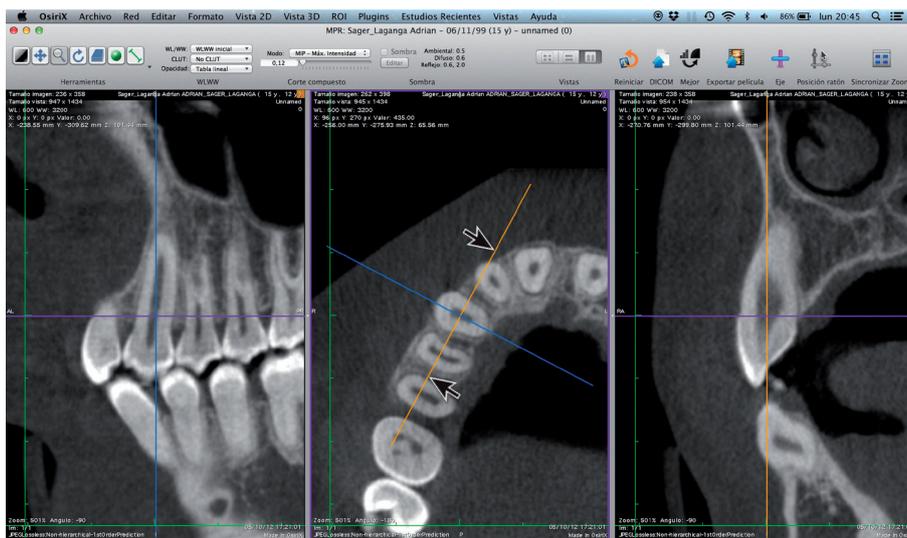


Figura 37. Paso 5 Protocolo de medición.
Fuente: Archivo personal.

- l.) Ajustamos el tamaño de la visualización (icono Lupa), y con el comando zoom (icono de flecha de 4 puntas) se centró el canino.
- m.) En el corte sagital se ajustó el plano frontal en el eje largo del canino (ápice – cúspide).

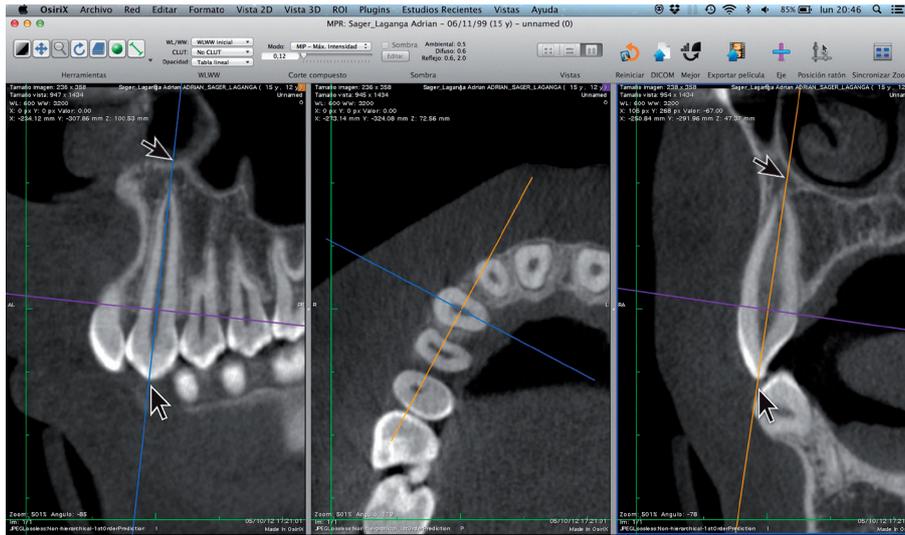


Figura 38. Paso 7 Protocolo de medición.
Fuente: Archivo personal.

- n.) En el corte frontal se ajustó el plano sagital en el eje largo del canino.
- o.) Se seleccionó el plano sagital y con la herramienta eje se quitó la visualización de los ejes.

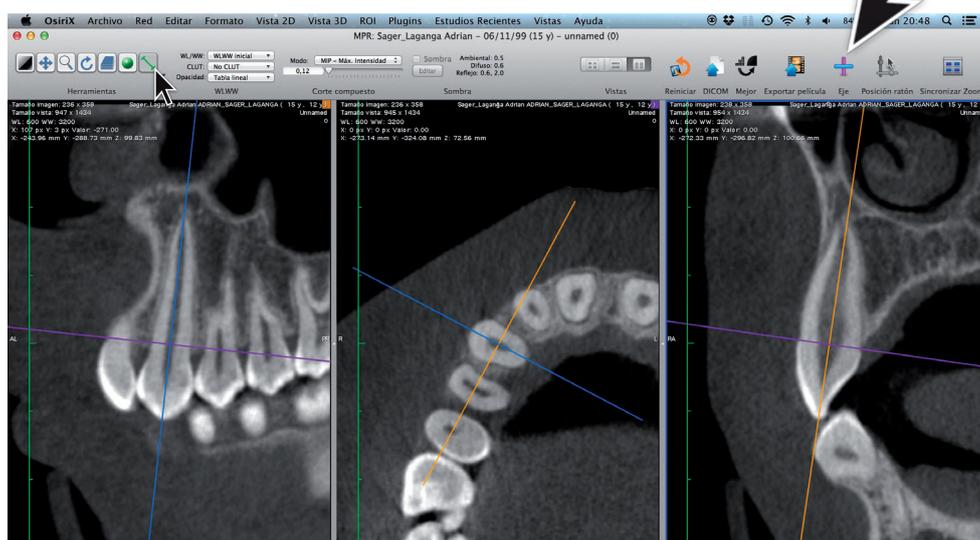


Figura 39. Paso 9 Protocolo de medición.
Fuente: Archivo personal.

- p.) Con la herramienta medida (icono segmento) en el corte sagital se midió el segmento cúspide –ápice arrastrando sin soltar el botón izquierdo del ratón.

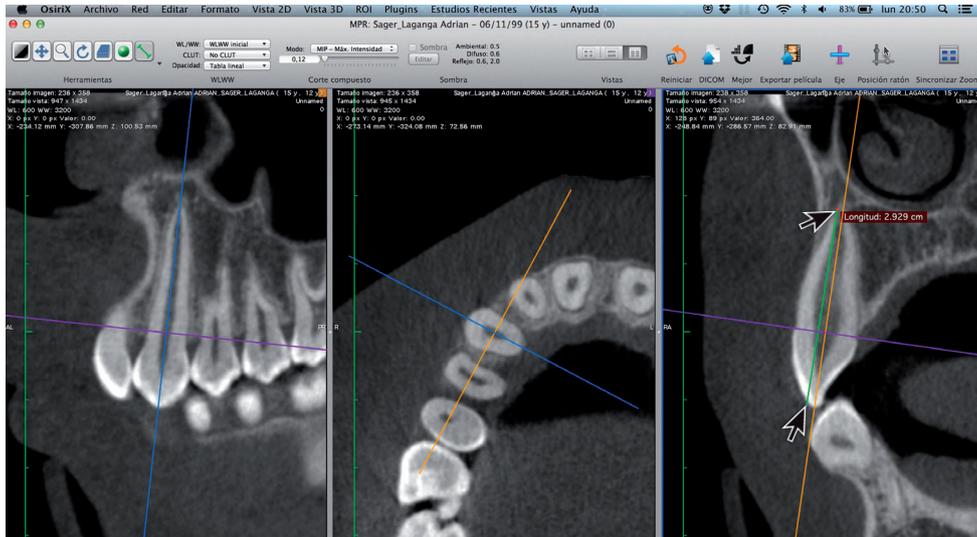


Figura 40. Paso 10 Protocolo de medición.

Fuente: Archivo personal.

- q.) En el plano horizontal se colocaron los cruces de los ejes en el centro de corte del premolar y se alineó el frontal (amarillo) en el sentido mesiodistal y el eje sagital en el sentido vestíbulo palatino.
- r.) En el corte sagital y frontal se alinearon los planos en el eje largo del premolar.

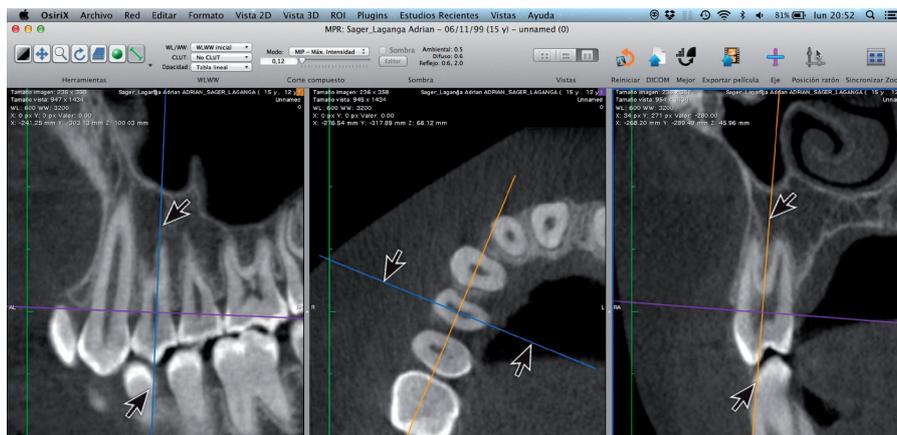


Figura 41. Paso 12 Protocolo de medición.

Fuente: Archivo personal.

- s.) Se seleccionó el corte sagital y con la herramienta eje se quitó la visualización de los ejes. Con la herramienta medida (icono segmento) en el plano sagital se midió el segmento cúspide –cortical, arrastrando sin soltar el botón izquierdo del ratón.



Figura 42. Paso 13 Protocolo de medición.

Fuente: Archivo personal.

- t.) Luego con la herramienta medida (icono segmento) en el plano sagital se midió el segmento cúspide- ápice, arrastrando sin soltar el botón izquierdo del ratón.

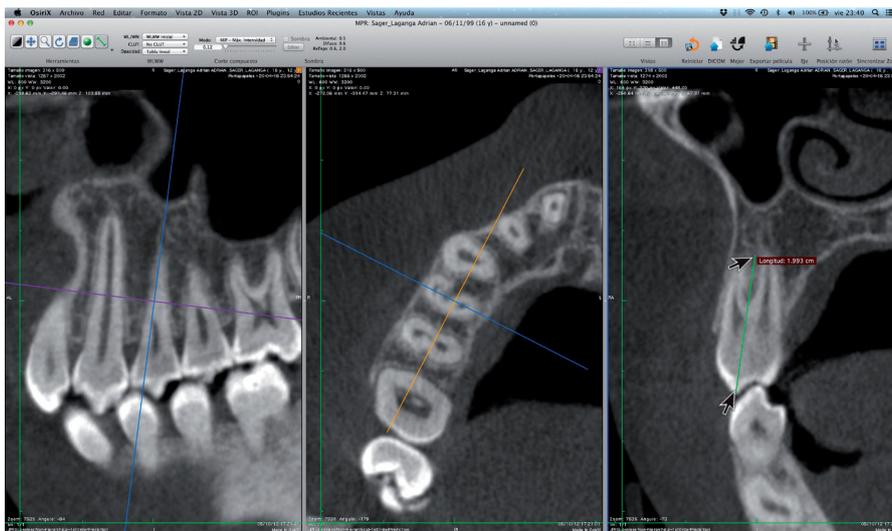


Figura 43. Paso 14 Protocolo de medición.

Fuente: Archivo personal.

u.) Se acotaron los valores medidos en la planilla Excel.

N°	Nombre	Sexo (0=masc, 1=fem)	Edad	Long canino derecho	Long premolar derecho	Espacio disponible derecho	Contacto cortical derecho	Long canino izquierdo	Long premolar izquierdo	Espacio disponible izquierdo	Contacto cortical izquierdo

Figura 44. Modelo de planilla excel utilizada.
Fuente: Archivo personal.

J. DESCRIPCIÓN DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO:

1. Tratamiento de los datos

Para realizar el estudio se han tomado medidas de 110 pacientes. En 97 de ellas se midieron en ambos lados de la cara y en las 13 restantes solo de un lado. Contamos así con 207 situaciones en las que se pudo estudiar el problema de contacto con corticales y de falta de espacio al desplazar el canino al lugar del premolar. Con este tamaño de muestra podremos estimar la probabilidad de riesgo de contacto del canino con las corticales sinusales o nasales y la falta de espacio durante el movimiento ortodóntico hacia distal, (prevalencia) con un error de $\pm 3.5\%$.

1.1. Análisis descriptivo simple

Se calculó el valor mínimo, máximo, primer cuartil, mediana, tercer cuartil y media de las variables continuas y también la cantidad de situaciones que se tienen para estudiar en función de las variables categóricas.

1.2. Análisis simple con cada variable explicativa por separado.

Las variables continuas se describieron con media y desviación típica y las categóricas con proporciones.

Se estimó la media de la “discrepancia negativa y de la discrepancia positiva” en cada nivel de cada variable explicativa y comparamos las medias con un test de la “t de Student” o un test no paramétrico. Hicimos un análisis de regresión simple entre “discrepancia negativa y positiva” y cada variable explicativa continua. Reportamos el coeficiente de regresión, intervalo de confianza al 95% de dicho coeficiente, el valor-p y el coeficiente de correlación al cuadrado.

Estimamos la prevalencia del problema en cada nivel de cada variable explicativa categórica y comparamos las proporciones con un test exacto de Fisher. Para cada variable explicativa continua comparamos las medias de la variable explicativa entre los que presentaron discrepancia negativa y los que no lo tienen con un test de la “t de Student”.

1.3. Análisis de regresión lineal múltiple.

Para la variable continua realizamos un análisis de regresión lineal múltiple (sin interacción) con las variables explicativas: sexo, tipo de cortical, grupo de edad, lado de la cara y diferencia entre la longitud del canino y el premolar. Debido a que el mismo paciente puede aportar datos de ambos lados de la cara hicimos un modelo multinivel donde el paciente es el primer nivel y el lado de la cara es un segundo nivel anidado.

Para la variable binaria “discrepancia positiva/ discrepancia negativa” estimamos un modelo de regresión logística múltiple donde las variables explicativas son el sexo, el tipo de cortical, el grupo de edad, el lado de la cara y la diferencia entre la longitud del canino y el premolar.

2. Análisis estadístico

Con los datos obtenidos se confeccionó una base de datos Excel y se utilizó el software estadístico R, versión 3.3.0.

CAPÍTULO V. RESULTADOS

RESULTADOS

Para realizar el estudio se han tomado las medidas de 110 tomografías pertenecientes a pacientes. De 97 de estas se conocen las medidas en ambos lados de la cara, mientras que de las 13 restantes al aplicar los criterios de exclusión solo se conocen las medidas correspondientes a uno de sus lados. Como consecuencia de esto, para realizar el estudio contamos con 207 situaciones en las que se puede plantear la probabilidad de que el canino contacte con la cortical del suelo de fosas nasales o del seno maxilar al desplazar el mismo al lugar cedido por la extracción del primer premolar.

A. ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LAS VARIABLES EN ESTUDIO

A.1. Variables cualitativas

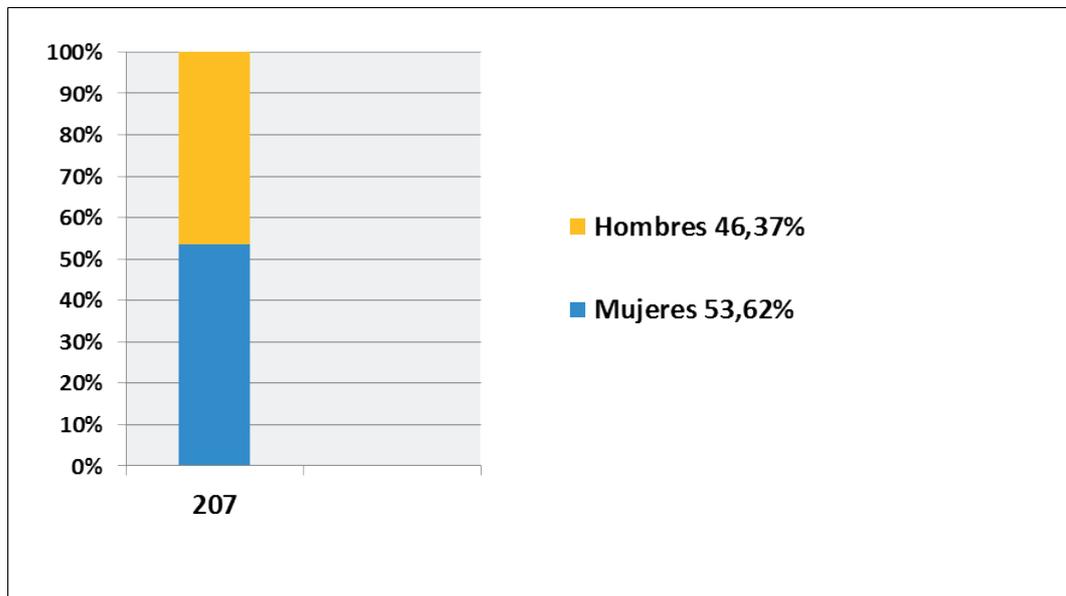


Figura 45: Distribución por sexo de la población de estudio (%).

Considerando los datos de las 207 mediciones realizadas, 111 de ellas pertenecieron a mujeres (53,62%) y 96 pertenecieron a hombres (46,37%).

Tabla 4. Distribución de frecuencia de la variable: Contacto con cortical

Contacto con cortical (Figura 25)	
Nasal (N)	62
Sinusal (S)	107
Sinusal Nasal (SN)	37
Perdidos	1
Totales	207

Al analizar el tipo de cortical bajo la que se encuentra situado el premolar, encontramos que el contacto con la cortical sinusal fue el que se presentaba con mayor frecuencia, del total de 207 mediciones 107 correspondieron al contacto con la cortical sinusal (51,69%), 62 correspondieron a contacto con la cortical nasal (29,95%) y al contacto sinusal nasal 37 mediciones (17,87%). Figura 46.

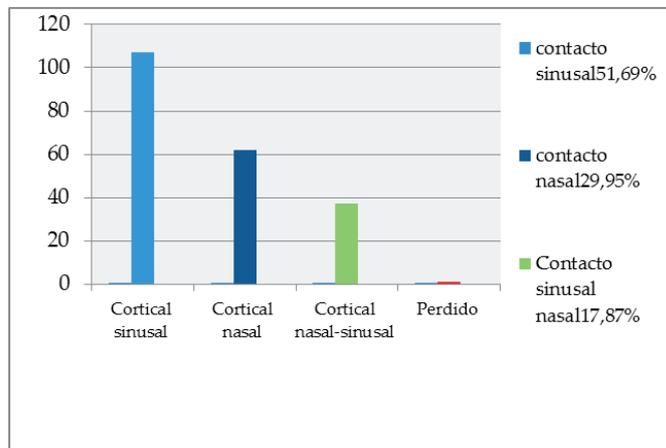


Figura 46. Frecuencia de la variable contacto con corticales

Tabla 5. Distribución de frecuencia de la variable: Lado de la cara.

Lado de la cara	
Lado derecho	106
Lado izquierdo	101
Totales	207

A.2. Análisis de la frecuencia con que se presenta el riesgo de contacto entre la raíz del canino con las corticales sinusales o nasales en la población de estudio.

El porcentaje de situaciones en las que se ha presentado riesgo de contacto entre canino y cortical sinusal o nasal al desplazar el canino al lugar del premolar en la muestra ha sido un 39.6% (82 de 207). Partiendo de este porcentaje, tenemos una confianza del 95% en que el porcentaje de situaciones problemáticas en la población estará comprendido entre el 33 % y el 46 %.

A.3. Variables cuantitativas y categóricas

La edad media de los participantes en la muestra fue de 29.82, se dividieron en dos grupos etáreos, uno de ellos se formó con 11 mediciones realizadas en tomografías pertenecientes a pacientes de 0 a 15 años y el otro con 196 mediciones realizadas en tomografías pertenecientes a pacientes de 15 a 65 años. La distribución se muestra en la figura 47.

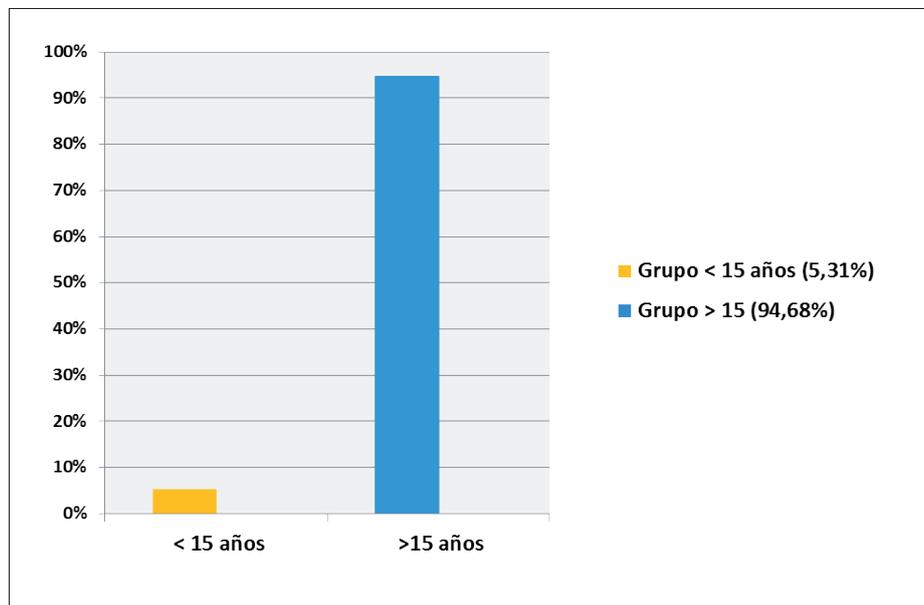


Figura 47. Distribución por grupos etáreos de la población de estudio (%).

Tabla 6. Análisis descriptivo de las variables: edad, longitud de canino, longitud premolar, espacio disponible.

	Edad (años)	Longitud canino (mm)	Longitud premolar (mm)	Espacio disponible (mm)
Mínimo	12.00	20.70	15.99	17.56
1°Cuartil	21.00	23.83	18.94	24.59
Mediana	25.00	25.90	20.20	27.17
Media	29.82	25.88	20.41	26.94
3°Cuartil	36.50	27.70	21.53	29.39
Máximo.	83.00	32.61	25.52	36.73

Tabla 7. Relación entre espacio disponible - longitud de canino, diferencia entre longitud de canino y longitud de premolar, y distancia ápice premolar-cortical.

	Diferencia entre la longitud canino y espacio disponible (mm)	Diferencia entre la longitud canino y longitud premolar (mm)	Distancia ápice cortical (mm)
Mínimo	-8.54	0.26	0.00
1°Cuartil	-1.61	4.16	3.96
Mediana	0.91	5.37	6.41
Media	1.04	5.50	6.53
3°Cuartil	4.02	6.74	8.97
Máximo.	9.28	11.23	17.37

Tabla 8. Relación entre espacio disponible y la longitud de canino

Relación entre espacio disponible - longitud de canino		
Valores negativos	82	Discrepancia negativa
Valores positivos	125	Discrepancia positiva

B. ANÁLISIS UNIVARIABLE DEL PROBLEMA DE FALTA DE ESPACIO PARA CADA UNA DE LAS VARIABLES DE TIPO CATEGÓRICO Y CUANTITATIVAS CONSIDERADAS EN EL ESTUDIO.

B.1. Variables de tipo categórico.

Tabla 9. Análisis descriptivo e inferencia estadística para estudiar la existencia del problema de falta de espacio al desplazar el canino al lugar del premolar en función del sexo, el grupo de edad al que se pertenece y el lado de la cara.

		Discrepancia positiva	Discrepancia negativa	Riesgo	Mínimo	Máximo	p-valor
Sexo	Femenino	72	39	35.1%	26.5%	44.8%	0.2026
	Masculino	53	43	44.8%	34.7%	55.3%	
Edad	<15	4	7	63.6%	31.6%	87.6%	0.1747
	>15 a 100	121	75	38.3%	31.5%	45.5%	
Lado de la cara	derecho	65	41	38.7%	29.5%	48.7%	0.8891
	izquierdo	60	41	40.6%	31.1%	50.8%	

B.2. Análisis variable sexo.

Entre las mujeres muestreadas el porcentaje de situaciones problemáticas ha sido el 35.1% (39 de 111) mientras que en los hombres este porcentaje ha sido el 44.8% (43 de 96). Puesto que es posible que el hecho de que este porcentaje sea superior en hombres que en mujeres sea por el azar de la muestra, contrastamos si ambas proporciones pueden ser iguales en la población. El p-valor obtenido es bastante grande (0.2) por lo que aceptamos como posible que ambos porcentajes pueden ser iguales y por tanto que el padecer el problema de falta de espacio sea independiente del sexo del individuo. Además tenemos una confianza del 95% en que el porcentaje poblacional de situaciones problemáticas en mujeres está comprendido entre el 26.5% y el 44.8 % y en hombres está comprendido entre el 34.7% y el 55.3%. Nótese que ambos intervalos se solapan.

B.3. Análisis variable edad.

Entre los individuos de 15 años o menores (G1) el porcentaje de situaciones problemáticas has sido el 63.6% (7 de 11) mientras que entre los individuos mayores de 15 años (G2) ha sido el 38.3% (75 de 196). El p-valor obtenido al contrastar si es posible que ambas proporciones puedan ser iguales en la población, pese a que son bastante distintas en la muestra, es 0.17. Puesto que es bastante grande aceptamos como posible que el padecer el problema de falta de espacio es independiente de si el individuo tiene 15 años o menos o si es mayor de 15 años. Además tenemos una confianza del 95% donde el porcentaje poblacional de situaciones problemáticas entre los individuos pertenecientes a G1 está comprendido entre el 31.6% y el 87.86% mientras que entre los individuos pertenecientes a G2 dicho porcentaje e está comprendido entre el 31.5% y 45.5%. Nótese que ambos intervalos se solapan.

B.4. Análisis variable lado de la cara.

El porcentaje de situaciones problemáticas encontradas en el lado derecho de los individuos muestreados ha sido el 38.7% (41 de 106) mientras que el encontrado en el lado izquierdo ha sido el 40.6% (41 de 101). El p-valor obtenido al contrastar si es posible que ambas proporciones puedan ser iguales en la población es 0.89. Luego aceptamos que el padecer el problema de falta de espacio sea independiente de si se trata del lado derecho o izquierdo del individuo.

Además tenemos una confianza del 95% donde el porcentaje poblacional de situaciones problemáticas encontradas en el lado derecho estará comprendido entre un 29.5% y un 48.7 % y en que dicho porcentaje en el lado izquierdo estará comprendido entre un 31.1% y un 50.8%. Nótese que ambos intervalos se solapan.

Tabla 10. Análisis descriptivo e inferencia estadística para analizar la existencia del problema de falta de espacio al desplazar el canino al lugar del premolar en función del tipo de cortical con que se relaciona el ápice del premolar.

	Discrepancia positiva	Discrepancia negativa	Riesgo	Mínimo	Máximo	p-valor
Nasal (N)	53	9	14.5%	7.3 %	26.3%	0.0000
Sinusal(S)	40	67	62.6%	52.7%	71,6%	0.0000
Sinusal Nasal(SN)	31	6	16.2%	6.8%	32.7%	0.0000

Entre los casos muestreados con cortical nasal el 14.5 % han resultado problemáticos (9 de 62), entre los muestreados con cortical sinusal el porcentaje de situaciones problemáticas ha sido el 62.65 % (67 de 107) y entre los encontrados con cortical sinusal-nasal el porcentaje ha sido de 16.2% (6 de 37). El p-valor obtenido al contrastar si es posible de que el porcentaje de situaciones problemáticas sea el mismo en la población en general sea cual sea el tipo de cortical encontrada es muy pequeño. Por tanto nos inclinamos a pensar que dichos porcentajes no son iguales en general y que el padecer el problema de falta de espacio depende del tipo de cortical bajo la que se encuentre el premolar teniendo más probabilidad de encontrar el problema cuando la cortical es de tipo sinusal, tal y como ocurre en la muestra. Además tenemos una confianza del 95% donde el porcentaje de situaciones problemáticas si la cortical es nasal está comprendido entre el 7.3% y el 26.3%, si la cortical es de tipo sinusal está comprendido entre el 52.7% y el 71.6 % y, por último, si la cortical es sinusal-nasal está comprendido entre el 6.8% y 32.7%.

4.1. Variables de tipo cuantitativas.

Tabla 11. Análisis estadístico de la existencia del problema de falta de espacio al desplazar el canino al lugar del premolar en función de la edad, la longitud del canino, la longitud del premolar.

Variable	Discrepancia positiva		Discrepancia negativa		p-valor
	Media	Desviación estandar	Media	Desviación estandar	
Edad	29.5	14.1	30.3	13.8	0.6864
Longitud del canino	25.5	2.4	26.6	2.6	0.0026
Longitud del premolar	20.5	1.9	20.3	1.8	0.6709

En relación a la edad, el contraste de igualdad de la media de edad entre la gente que presenta el problema y los que no lo presentan nos permite aceptar como posible que el presentar o no el problema es independiente de la edad (p-valor = 0,68).

En la muestra la longitud del canino en los individuos que presentan el problema es superior (26.6 mm) a la de los individuos que no lo presentan (25.5 mm). Puesto que el p-valor correspondiente al contraste de igualdad de dichas medias en la población es muy pequeño, nos inclinamos a pensar que la longitud del canino influye en la presencia del problema. En particular cuanto mayor sea la longitud del canino del individuo mayor probabilidad tiene de presentar el problema.

Al analizar la longitud del premolar, el contraste de igualdad de la media nos permite aceptar que la longitud media del premolar en individuos que presentan el problema puede ser igual a la de los que no lo presentan y por tanto que la presencia del problema sea independiente de la longitud del premolar (p-valor = 0,67).

Tabla 12. Análisis estadístico de la existencia del problema de falta de espacio al desplazar el canino al lugar del premolar en función de la distancia ápice premolar-cortical, del espacio disponible y de la diferencia entre las longitudes del canino y de su premolar correspondiente.

	Discrepancia positiva		Discrepancia negativa		p-valor
	Media	Desviación estandar	Media	Desviación estandar	
Distancia ápice premolar-cortical	8.5	2.7	3.5	2.1	0.0000
Espacio disponible	29.0	2.9	23.8	2.8	0.0000
Diferencia canino-premolar	5.0	2.0	6.2	2.0	0.0000

Al analizar la distancia ápice premolar-cortical y espacio disponible, el p-valor correspondiente al contraste de igualdad entre las medias de ambas variables en los casos problemáticos y los no problemáticos es muy pequeño. Por ello nos inclinamos a pensar que la presencia del problema no es independiente ni de la distancia ápice premolar-cortical del individuo ni de la del espacio disponible y que, tal y como ocurre en la muestra, son más propensos a presentar el problema individuos con distancia ápice premolar-cortical y espacio disponible menor.

Al analizar la diferencia entre la longitud del canino y la longitud del premolar, en la muestra la diferencia entre el canino y su premolar correspondiente en los individuos que presentan el problema es superior (6.2 mm) a la de los individuos que no lo presentan (5.0 mm). Puesto que el p-valor correspondiente al contraste de igualdad de dichas medias en la población es muy pequeño, nos inclinamos a pensar que la diferencia entre la longitud del canino y el premolar influye en la presencia del problema. En particular, tal y como ocurre en la muestra, pensamos que individuos con mayor diferencia entre canino y premolar son más propensos a presentar el problema, es decir a que la diferencia de longitud entre su espacio premolar y el canino sea más pequeña.

Cabe la posibilidad de que las conclusiones obtenidas hasta el momento pudieran variar si en vez de considerar el comportamiento de la variable falta de espacio en función sólo del sexo del individuo, por ejemplo, y sin tener en cuenta el resto de sus características (la edad, el lado, el tipo de cortical, la longitud del canino, etc.) éstas también se tuvieran en cuenta de forma conjunta en el estudio de dicho comportamiento. Para estudiar esta posibilidad a continuación se realiza un análisis multivariable del problema de falta de espacio.

C. ANÁLISIS MULTIVARIABLE DEL PROBLEMA DE FALTA DE ESPACIO EN FUNCIÓN DE TODAS LAS VARIABLES DE TIPO CATEGÓRICO Y CUANTITATIVAS CONSIDERADAS EN EL ESTUDIO.

Planteamos un modelo logístico múltiple, para estudiar la probabilidad de que a un individuo le falte o no espacio al desplazar el canino al lugar del premolar en función de su sexo, tipo de cortical encontrada, edad, lado de la cara y diferencia entre la longitud del canino y su premolar correspondiente. Los resultados se recogen en la Tabla 13 y se ilustran en la figura 48.

Tabla 13. Odds Ratios (OR), p-valores e Intervalos de confianza al 95%

Variable	Odds ratio	p- valor	Intervalo de confianza al 95%
Sexo	0.67409042	0.28575	(0.322256884,1.3787225)
Cortical (S)	14.21385435	2.26x10⁻⁸	(5.917633609,38.6200599)
Cortical (SN)	1.46809028	0.53377	(0.422331804,4.9213340)
Edad	0.21484144	0.03832	(0.046241395,0.8962845)
Lado (I)	1.22459849	0.56113	(0.618873350,2.4407305)
Diferencia longitud del canino y del premolar	1.52159362	1.90x10⁻⁵	(1.264847297,1.8627699)

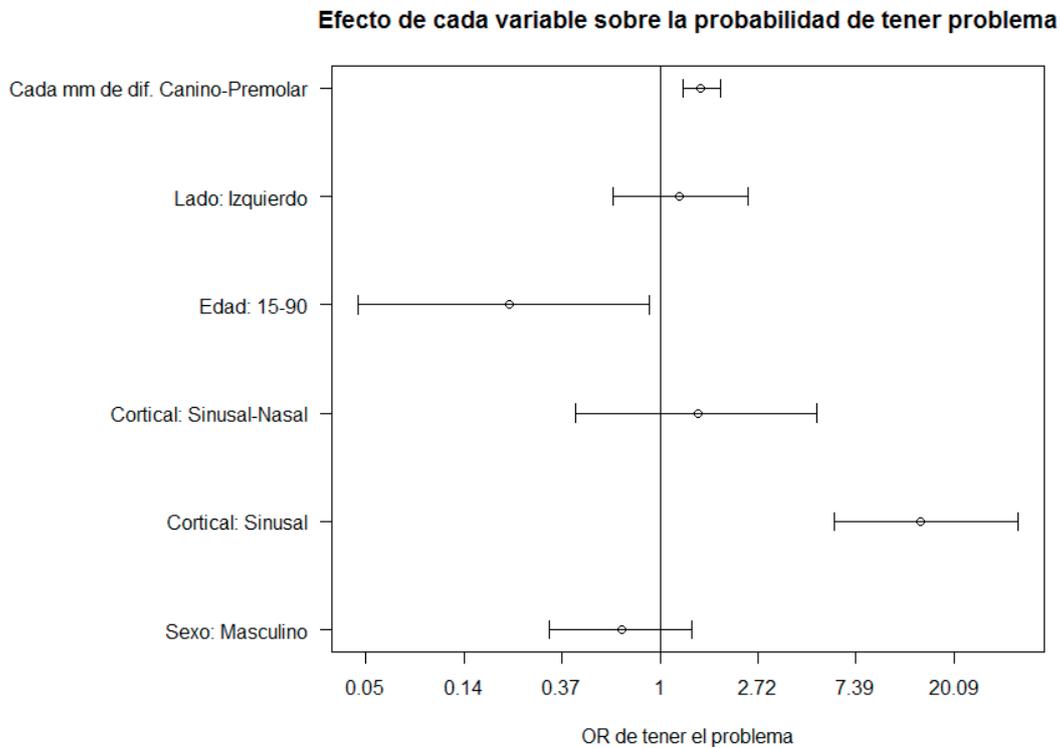


Figura 48. Estimación del efecto de las variables sexo, tipo de cortical, edad, lado de la cara y diferencia entre la longitud del canino y el premolar en el riesgo de sufrir el problema de falta de espacio.

C.1. Análisis variable sexo

El OR de la primera fila indica que en los hombres muestreados el riesgo de sufrir el problema de falta de espacio es el 67.4% de el de las mujeres que comparten el resto de características es decir, que respecto a la mujer el hombre tiene un 32.6 % menos de riesgo de sufrir el problema si el resto de características son comunes. Al contrastar si es posible que el sexo no sea un factor de riesgo, el p-valor obtenido es 0,29, lo cual nos estaría indicando que el sexo no es un factor de riesgo, y que el padecer el problema de falta de espacio es independiente del sexo del individuo (ver tercera columna, primera fila, Tabla 13). Puesto que es un valor grande podemos pensar que, en general, es posible que no sea un factor de riesgo y que el padecer el problema de falta de espacio sea independiente del sexo del individuo. Además, tenemos una confianza del 95 % en que, en general, en los hombres el riesgo de sufrir el problema de falta de espacio está comprendido entre el 32.2 % y el 137.8% del riesgo de mujeres si comparten el resto de características, (ver cuarta columna, primera fila, Figura 48).

C.2. Análisis variable edad:

El OR de la cuarta fila indica que en los individuos muestreados mayores de 15 años el riesgo de sufrir el problema de falta de espacio es el 21.5% del riesgo de los que tienen 15 años o menos y comparten el resto de características. Al contrastar si es posible que la edad no sea un factor de riesgo, el p-valor obtenido es 0.04, (ver tercera columna, cuarta fila, Tabla 13). Lo que nos lleva a pensar que, en general, es posible que la edad no sea un factor de riesgo y que el presentar el problema sea independiente de este factor.

C.3. Análisis del lado de la cara.

El OR de la quinta fila (figura 48) indica que en los individuos muestreados el riesgo de sufrir el problema en el lado izquierdo es 1.22 veces el riesgo de sufrirlo en el lado derecho cuando el resto de características son semejantes. Al contrastar si es posible que el lado de la cara no sea un factor de riesgo, el p-valor correspondiente es 0.56, (ver tercera columna, quinta fila, Tabla 13). Dicho valor nos lleva a pensar que es posible que el riesgo de padecer el problema de falta de espacio sea independiente del lado de la cara. Además tenemos una confianza del 95 % en que, en general, el lado izquierdo de los individuos tiene entre 0.62 y 2.44 veces más de riesgo de presentar el problema que el lado derecho (ver la cuarta columna de la sexta fila).

C.4. Análisis de las corticales:

4.1. Sinusal.

El OR de la segunda fila indica que entre los individuos muestreados, el riesgo de sufrir el problema cuando la cortical encontrada es sinusal es 14.21 veces el riesgo de los que tienen cortical nasal y el resto de características son comunes. Al contrastar si es posible que el riesgo de presentar el problema sea el mismo tanto si la cortical encontrada es nasal o sinusal, el valor del p-valor obtenido es 2.26×10^{-8} , (ver tercera columna, segunda fila, Tabla 13). Dicho valor no lleva a pensar que el riesgo de padecer el problema de falta de espacio no es el mismo si la cortical encontrada es nasal o sinusal y que en el caso de ser sinusal es mayor.

Además, tenemos una confianza del 95 % en que un individuo, en el que el tipo de cortical encontrada es sinusal, tiene entre 5.92 y 38.62 veces más de riesgo de presentar el problema que otro con cortical nasal, si el resto de sus características son comunes, (ver cuarta columna, segunda fila, Figura 48).

4.2. Sinusal-nasal.

El OR de la tercera fila indica que entre los individuos muestreados, el riesgo de sufrir el problema cuando la cortical encontrada es sinusal- nasal es 1.47 veces el riesgo de los que tienen cortical nasal y el resto de características son comunes. Al contrastar si es posible que el riesgo de presentar el problema sea el mismo tanto si la cortical encontrada es nasal o sinusal-nasal, el valor del p-valor obtenido es 0.54, (ver la tercera columna, tercera fila, Figura 48). Puesto que es un valor grande, podemos pensar que es posible que el riesgo de padecer el problema de falta de espacio sea el mismo si la cortical encontrada es nasal o sinusal-nasal. Además, tenemos una confianza del 95 % en que un individuo, en el que el tipo de cortical encontrada es sinusal-nasal, tiene entre 0.42 y 4.92 veces más de riesgo de presentar el problema que otro con cortical nasal, si el resto de sus características son comunes, (ver cuarta columna, tercera fila, Figura 48).

C.5. Análisis de la diferencia de la longitud del canino y del premolar.

El OR de la sexta fila indica que el riesgo de padecer el problema de falta de espacio es 1.52 veces mayor en los individuos por cada mm más de diferencia existente entre la longitud del premolar y el canino correspondiente. Al contrastar si es posible que la diferencia entre el canino- premolar sea independiente del riesgo de padecer el problema, el valor del p-valor obtenido es 1.9×10^{-5} , ver la tercera columna de la sexta fila. Al ser un valor muy pequeño pensamos que la diferencia existente entre el canino- premolar es un factor de riesgo de padecer el problema. Además, tenemos una confianza del 95 % en que por cada mm más de diferencia existente entre canino-premolar el individuo tiene entre 1.26 y 1.86 veces más de riesgo de presentar el problema, ver la cuarta columna de la sexta fila.

D. ESTUDIO DE LA RELACIÓN LINEAL EXISTENTE ENTRE LA DIFERENCIA DE LONGITUD DEL ESPACIO DISPONIBLE Y LA LONGITUD DEL CANINO Y LA DIFERENCIA DE LONGITUD ENTRE EL CANINO Y SU PREMOLAR CORRESPONDIENTE.

Con objeto de cuantificar la relación existente entre la diferencia de longitud del espacio disponible y el canino y la diferencia de longitud entre el canino y su premolar encontrada, a continuación estudiamos la relación lineal existente entre ambas variables.

Planteamos un modelo lineal de efectos aleatorios para descontar, en los datos, el efecto por individuo presente al contar con dos medidas de algunas variables (una de cada lado) en la mayoría de los individuos muestreados.

D.1. Análisis de regresión lineal simple.

La nube de puntos correspondiente a la diferencia entre la longitud del canino y el premolar (variable X) y la diferencia entre la longitud del espacio disponible y la del canino (variable Y) en los individuos muestreados es muy dispersa. Esto explica que, realizados los cálculos, tan solo el 16.2% de la variabilidad existente en Y está explicado por la X, ver fila 2 de Tabla 14. La pendiente de la recta que mejor se ajusta a la nube de puntos es negativa (-0,72), (ver fila 1, Tabla 14). Ello indica que, en los individuos de la muestra, por cada mm que aumenta la diferencia entre la longitud del canino y su premolar correspondiente, la diferencia entre su espacio disponible y el canino disminuye 0.72 mm.

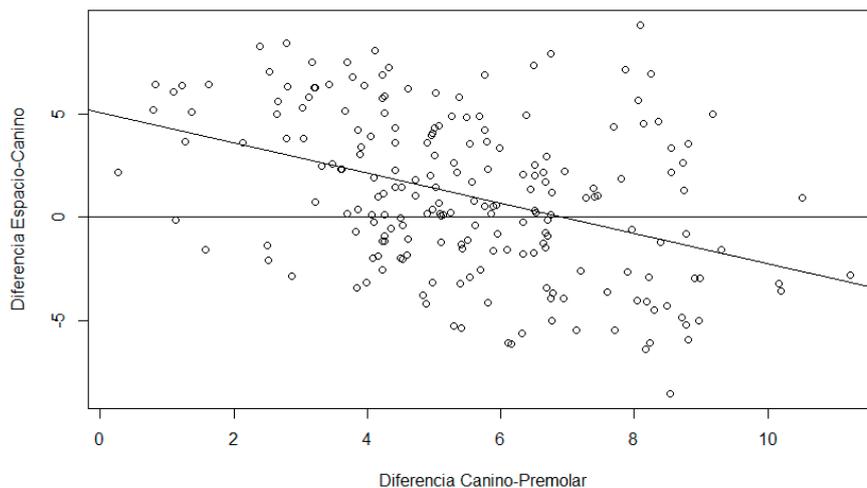


Figura 49. Recta de ajuste (regresión) de la diferencia entre la longitud del espacio disponible y la longitud del canino (variable Y) en función de la diferencia de longitud entre el canino y el premolar (variable X).

Puesto que es posible que dicha pendiente haya salido negativa por el azar de la muestra, a continuación, estudiamos si sería posible que al considerar a todos los individuos de la población y calcular su recta correspondiente, la pendiente de esta recta pudiera ser cero. En este caso las variables, diferencia canino-premolar (X) y diferencia espacio-canino (Y), serían independientes.

Tabla 14. Pendiente de la recta que mejor ajusta los datos muestrales y porcentaje de variabilidad de Y (diferencia entre el espacio disponible y el canino) explicada por X (diferencia de longitud existente entre el canino y el premolar) en la muestra.

Pendiente de la recta	-0.72
% de variabilidad de Y explicada por X	16.2

Tabla 15. p-valor del test de independencia entre X y Y (pendiente=0 considerada toda la población) e intervalo de confianza al 95% para la pendiente de la recta de regresión considerada toda la población.

p- valor del contraste: Pendiente =0	$< 2 \times 10^{-16}$
IC para pendiente al 95%	(-0.96 , -0.49)

El p- valor del test es muy pequeño ($< 2 \times 10^{-16}$), (ver fila 1, Tabla 15), por lo que tenemos suficiente evidencia para pensar que, realizado este mismo estudio con toda la población, la pendiente de la recta que mejor ajustaría la nube de puntos no sería cero y que la diferencia entre la longitud del espacio disponible y la diferencia entre el canino disminuye cuando la diferencia entre el canino y el premolar aumenta. Además tenemos una confianza del 95% en que en los individuos por cada mm que aumenta la diferencia entre la longitud del canino y su premolar correspondiente, la diferencia entre su espacio disponible y el canino disminuye entre 0.49 mm y 0.96 mm, (ver fila 2, Tabla 15).

D.2. Análisis de regresión lineal múltiple.

Es posible que la relación encontrada en el apartado anterior entre la diferencia de longitud del espacio premolar y el canino y la diferencia de longitud entre el canino y el premolar varíe o incluso desaparezca al considerar a la vez otras variables del individuo. Para estudiar esta posibilidad, planteamos un modelo lineal multivariante en el que estudiamos la relación entre ambas variables ajustada por el sexo, el tipo de cortical encontrada, la edad, y el lado de la cara del individuo. Los resultados se recogen en la Tabla 16 y se ilustran en la figura 50.

Tabla 16. Estadísticos, p-valores e Intervalos de confianza al 95% correspondientes al estudio de la relación lineal existente entre la diferencia de longitudes del espacio disponible y el canino y la diferencia entre la longitud del canino y el premolar ajustada por las variables: sexo, tipo de cortical encontrada, edad, y lado de la cara.

	Estadístico	p valor	Intervalo de confianza
Diferencia longitud canino premolar	-0.68124	5.91×10^{-10}	(-0.8850550, -0.47859331)
Sexo	0.69861	0.1869	(-0.3226459, 1.71602472)
Cortical (S)	-4.02617	1.11×10^{-15}	(-4.9357593, -3.12605207)
Cortical (SN)	-0.97884	0.0675	(-2.0084964, 0.05652809)
Edad	1.51266	0.0675	(-0.6109023, 3.63904923)
Lado de la cara	0.02835	0.8969	(-0.3987900, 0.45397665)

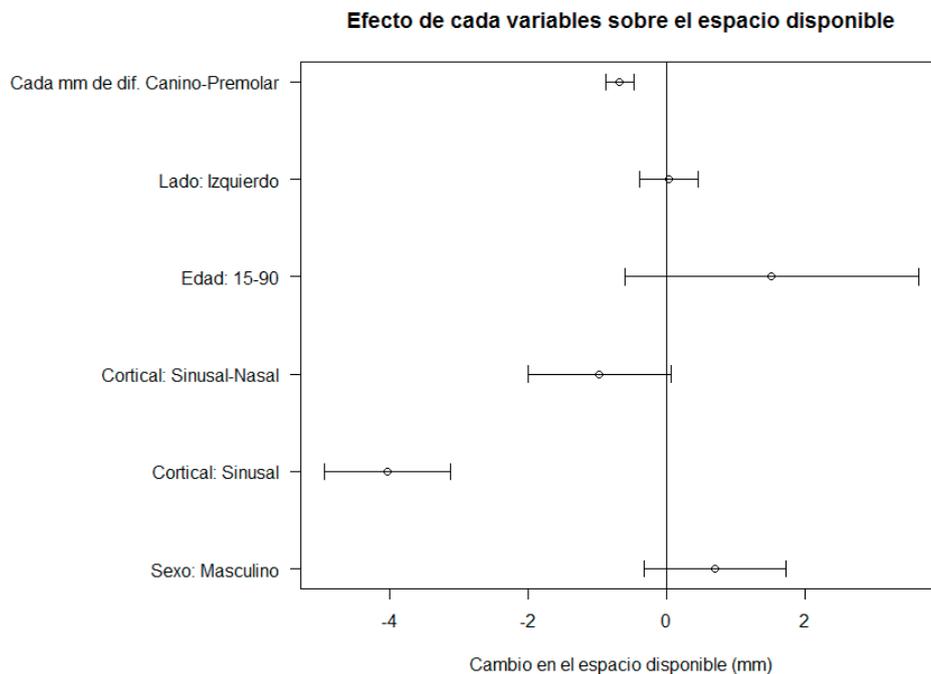


Figura 50. Estimación, a partir de la muestra recogida, del efecto de las distintas variables sobre la diferencia entre el espacio disponible y la longitud del canino en los individuos.

D.3. Análisis de la diferencia entre la longitud del canino-premolar.

La pendiente de la recta correspondiente al modelo lineal planteado que mejor ajusta los datos recogidos es -0.68 . Por tanto, por cada mm que aumenta en los individuos la diferencia entre la longitud del canino y su premolar correspondiente, la diferencia entre su espacio premolar y el canino disminuye 0.61mm independientemente de cual sean el resto de sus características (sexo, tipo de cortical, edad y lado). Al contrastar si, en general, es posible que la diferencia entre la longitud del canino y su premolar correspondiente sea independiente de la diferencia entre el espacio premolar y el canino del individuo (pendiente=0) el valor del p-valor es muy pequeño (5.91×10^{-10}).

Por ello, tenemos suficiente evidencia para pensar que, cuanto mayor es la diferencia entre la longitud del canino y del premolar del individuo menor es la diferencia entre su espacio premolar y la longitud de su canino y, por tanto, es más propenso a tener el problema. Además tenemos una confianza del 95% en que, en general, por cada mm que aumenta en los individuos la diferencia entre la longitud del canino y su premolar, la diferencia entre su espacio premolar y el canino disminuye entre 0.47 y 0.88 mm.

A continuación analizamos la relación existente entre el resto de variables y la diferencia entre la longitud del espacio premolar y el canino.

El estadístico de la segunda fila de la Tabla 16 indica que se espera que en los hombres la diferencia entre el espacio premolar y la longitud de su canino sea 0.69 mm superior a la de las mujeres si el resto de características (tipo de cortical, edad, lado y diferencia entre la longitud de su canino y su premolar) son semejantes en ambos (ver segunda fila, segunda columna, Tabla 16). Al contrastar si es posible que en general, la diferencia entre el espacio premolar y la longitud de su canino correspondiente sea la misma en individuos de distinto sexo y con el resto de características comunes, el p-valor obtenido es 0.19. Puesto que es bastante grande pensamos que es posible que dicha diferencia sea la misma en hombres y en mujeres y no podemos asegurar que, en general, que un individuo presente o no el problema de falta de espacio al desplazar el canino dependa de su sexo. En particular tenemos un 95% de confianza en que en los hombres la diferencia espacio-canino supera a la de las mujeres como mucho en 1.71 mm, o en que dicha diferencia es la misma en ambos sexos o en que las mujeres superan como mucho en dicha diferencia a los hombres en 0.32 mm.

D.4. Análisis de la cortical sinusal.

Se espera que en individuos con características comunes (sexo, edad, lado y misma diferencia entre la longitud del canino y premolar) la diferencia entre el espacio premolar y la longitud del canino cuando la barrera cortical encontrada es de tipo sinusal sea 4.03 mm inferior a la encontrada si la barrera cortical resulta ser de tipo nasal (ver la segunda columna, tercera fila, Tabla 16). Al contrastar, si, en general, es posible que la diferencia espacio-canino sea la misma independientemente de si la barrera es sinusal o nasal, el p-valor es 1.11×10^{-15} . Puesto que es muy pequeño, nos inclinamos a pensar que, en general, la diferencia entre el espacio premolar y su canino correspondiente depende del tipo de cortical bajo la que se encuentra el premolar. En particular tenemos un 95% de confianza en que la diferencia espacio- canino es entre 3.13 mm y 4.94 mm más grande si la cortical bajo la que se encuentra el premolar es de tipo nasal en vez de sinusal (ver cuarta columna, tercera fila, Figura 50).

D.5. Análisis de la cortical sinusal-nasal.

Se espera que en individuos con características comunes (sexo, edad, lado y misma diferencia entre la longitud del canino y premolar) la diferencia entre el espacio premolar y la longitud del canino cuando la barrera cortical encontrada es de tipo sinusal- nasal sea 0.98 mm inferior a la encontrada si la barrera cortical resulta ser de tipo nasal (ver segunda columna, cuarta fila, tabla 16). Al contrastar si, en general, es posible que la diferencia espacio-canino sea la misma independientemente de si la barrera es sinusal- nasal o nasal, el p-valor obtenido es 0.07 (ver tercera columna, cuarta fila, tabla 16). Este valor es suficientemente grande como para pensar que, en general, es posible que la diferencia entre el espacio premolar y su canino correspondiente sea independiente de si el tipo de cortical bajo la que se encuentra el premolar es de tipo nasal o sinusal- nasal. En particular, tenemos un 95% de confianza en que la diferencia espacio-canino, si la barrera es de tipo sinusal-nasal, supera como mucho en 0.06 mm a dicha diferencia si la barrera es tipo nasal, o en que esta diferencia es la misma tanto si la barrera es nasal o sinusal- nasal, o en que la diferencia, si la barrera es de tipo nasal, supera como mucho en 2.01 mm a dicha diferencia si la barrera es de tipo sinusal- nasal, (ver cuarta columna, cuarta fila, tabla 16).

D.6. Análisis variable edad.

Se espera que la diferencia entre el espacio premolar y la longitud del canino en los pacientes muestreados mayores de 15 años sea 1.51 mm superior a la de los pacientes con 15 años o menos si la diferencia entre la longitud de su canino y su premolar es la misma y el resto de características son semejantes (ver segunda columna, quinta fila, tabla 16). Al contrastar si, en general, es posible que dicha diferencia pudiera ser cero, el valor del p-valor obtenido es bastante grande (0.17, ver tercera columna, quinta fila, tabla 16). Por ello pensamos que, en general, es posible que el grupo de edad al que pertenece el individuo sea independiente de la diferencia entre su espacio premolar y su canino. En particular tenemos un 95% de confianza en que la diferencia espacio –canino en los pacientes mayores de 15 años puede ser como mucho 3.64 mm superior a la de los individuos de 15 años o menos, o en que dicha diferencia puede ser la misma en ambos grupos de edad o en que los individuos de 15 años o menos pueden superar como mucho en dicha diferencia a los mayores de 15 años en 0.61 mm (ver cuarta columna, quinta fila, tabla 16).

D.7. Análisis de la variable lado de la cara.

Se espera que la diferencia entre el espacio premolar y la longitud del canino en el lado izquierdo de los individuos sea 0.03 mm superior a la del lado derecho si el resto de características son semejantes en los individuos (ver segunda columna, sexta fila, tabla 16). Al contrastar si, en general, es posible que dicha diferencia pudiera ser cero, el p-valor obtenido es 0.90, (ver tercera columna, quinta fila, tabla 16). Puesto que es muy grande pensamos que, en general, es posible que el lado de la cara sea independiente de la diferencia entre el espacio premolar y su canino. En particular tenemos un 95% de confianza en que en el lado izquierdo la diferencia espacio- canino supera como mucho en 0.45 mm a dicha diferencia en el lado derecho, o en que la diferencia es la misma en ambos lados, o en que la diferencia en el lado derecho pueda ser superior como mucho a la diferencia en el lado izquierdo en 0.40 mm, (ver cuarta columna, sexta fila, tabla 16).

CAPÍTULO VI. DISCUSIÓN.

DISCURSIÓN

A. PERTINENCIA DEL ESTUDIO RESPECTO AL USO DE CBCT.

La mayoría de los estudios consultados que usaron radiografías bidimensionales, indican la baja confiabilidad de ese tipo de imágenes, para la valoración del seno maxilar y del suelo de fosas nasales y su relación con los elementos dentarios^{154,175-179}.

Mientras que la CBCT, permite la obtención de imágenes isomórficas e isométricas a través de la adquisición de un volumen de datos que proporcionan información en las tres dimensiones del espacio. Sus ventajas, incluyen alta resolución, baja dosis de radiación y bajo costo, siendo una modalidad de diagnóstico por imagen que ofrece una adecuada visión de las estructuras sinusales y nasales y su relación con los elementos dentarios^{178,179}.

Varios estudios, reconocen que el empleo de tomografías computarizadas de haz de cónico como herramienta para realizar estudios morfológicos y morfométricos del seno maxilar se debe principalmente a las ventajas del tipo de imagen y a que los datos obtenidos mediante CBCT están compuestos por millones de píxeles tridimensionales.

Los voxels de CBCT son isotrópicos, presentan igual altura, longitud y profundidad, lo que permite mediciones geométricas exactas en cualquier plano a evaluar. Permiten un análisis preciso de la morfología de las estructuras anatómicas y sus relaciones con puntos anatómicos de referencia^{175,176}.

La superioridad de la calidad de la imagen de la CBCT es indiscutible, debido a que posibilita la diferenciación entre las estructuras dentarias y genera menor magnificación que algunas imágenes bidimensionales. Por ello la CBCT se recomienda para evaluar la región oral maxilo facial en cirugía y ortodoncia^{176,177}.

La imagen multiplanar (MPR), constituye una modalidad de reconstrucción de imágenes en diferentes planos y permite realizar un proceso diagnóstico más interactivo y de mejor precisión^{176,179}. A su vez, que se pueden visualizar las imágenes en 3 planos ortogonales, axial, sagital y coronal.

La calidad del scanner CBCT es superior especialmente para la evaluación del hueso esponjoso, del ligamento periodontal, de los tejidos dentarios y su relación con estructuras anatómicas próximas^{179,180}.

Por lo dicho anteriormente, pensamos pertinente analizar la relación del canino con las corticales sinusales y nasales mediante tomas en CBCT.

B. RELACIÓN DE PROXIMIDAD DEL CANINO CON LAS CORTICALES SINUSALES Y NASALES

Con respecto a las posibles relaciones de proximidad que podrían existir entre las corticales del seno maxilar y el suelo de fosas nasales con la raíz del canino superior durante el movimiento ortodóntico distal, en casos tratados con exodoncia de primeros premolares, no hemos encontrado antecedentes en la bibliografía que se correspondan con los objetivos y la metodología de nuestro trabajo.

Sin embargo, hemos de referenciar a lo largo de la discusión estudios que guardan cierta relación biológica o anatómica y tratan similar problemática pero en otros elementos dentarios, como es el caso de la retracción de los incisivos superiores o en movimientos de molares cerca del seno maxilar, de manera de apoyar y contrastar los resultados obtenidos.

En este trabajo hemos observado distintas situaciones de proximidad del canino superior, tanto con el seno maxilar como con el suelo de fosas nasales o con ambas estructuras simultáneamente, que podrían darse durante el desplazamiento del canino al lugar del primer premolar, las cuales detallamos a continuación:

Encontramos que el ápice del canino tomaría contacto con la cortical sinusal en el 51,69 % de las situaciones, siendo esta la relación que se da con mayor frecuencia. En el 17,87 % de las situaciones observadas el ápice del canino tomaría contacto con la cortical nasal o sinusal, siendo esta la situación menos frecuente y en el 29,95 % de las situaciones el ápice del canino se relaciona con la cortical del suelo de fosas nasales.

Teniendo en cuenta que el canino superior se encuentra bien posicionado en sentido axial cuando la corona está ligeramente angulada a mesial y su raíz a distal^{181,182} cabe esperar que al desplazar el mismo al lugar del primer premolar

reposicionándolo con la inclinación de la raíz a distal, en numerosas ocasiones nos encontremos con que el ápice contactará con la cortical del seno maxilar.

Ricketts³⁰ advierte de la necesidad de evitar el contacto de ápices y corticales haciendo una especial descripción del problema, donde explica que cuando se intentan realizar movimientos corono radiculares comprimiendo las corticales, estas se comportan como un obstáculo que bloquea el movimiento y expone a las raíces a la reabsorción, por ello recomienda mover los dientes en el hueso esponjoso, alejar las raíces de las corticales y limitar la intensidad de la fuerza.

Handelman⁷⁶, Ten Hove⁷⁷, Mulie⁷⁸, Edwards⁷⁹, entre otros, también señalan la necesidad de respetar los límites anatómicos dentro de los cuales deben moverse los dientes para evitar secuelas iatrogénicas.

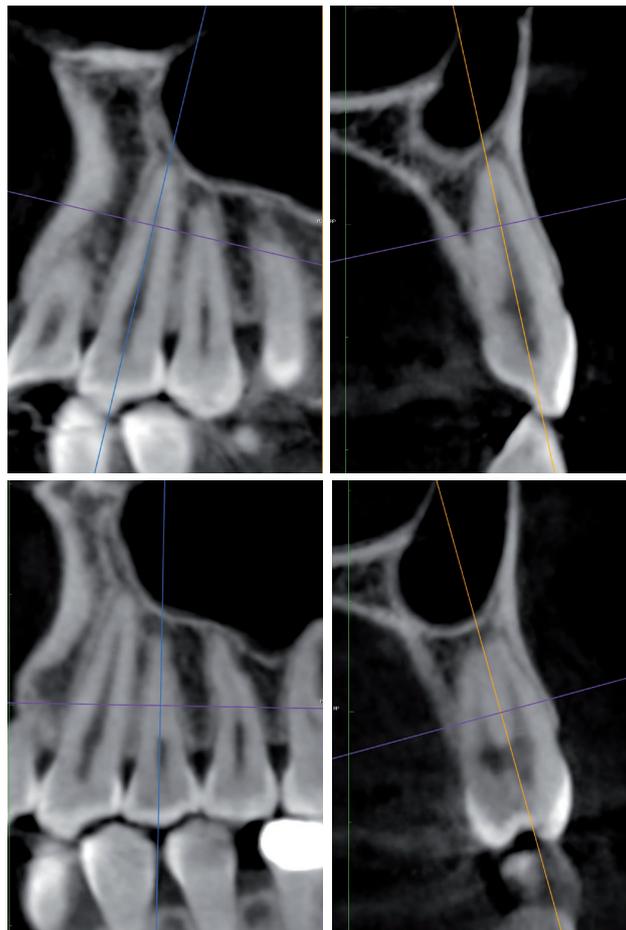


Figura 51. Relación con cortical sinusal. Ejemplo de la relación de proximidad encontrada con mayor frecuencia en el estudio de la tesis.

Fuente: Archivo personal.

Existe evidencia suficiente en que las áreas corticales más densas y menos vascularizadas, al ser comprimidas y contactar con las raíces dentarias que son estructuras poco vascularizadas, reaccionan con fenómenos indeseados de reabsorción ósea y radicular y con muy poca aposición^{183,184}.

Según nuestros resultados la relación de proximidad más frecuente se dará con la cortical sinusal, por lo tanto, consideramos que dada la variabilidad y la complejidad topográfica de la zona hacen necesario analizar individualmente cada situación para planificar la retracción de los caninos al espacio de la extracción del primer premolar^{185,186}.

C. PREVALENCIA DE CONTACTO DEL CANINO CON LAS CORTICALES SINUSALES O NAsALES EN LA POBLACIÓN DE ESTUDIO

La probabilidad de que el canino contacte con la cortical sinusal o nasal durante el movimiento distal ortodóntico se ha observado en el 39.6% de las situaciones (82 de 207), partiendo de este porcentaje podemos inferir que la prevalencia con que se presentó esta situación en la población estudiada fue entre el 33 y el 46%.

Dada la alta prevalencia con que se puede presentar el contacto cortical sinusal o nasal con el ápice del canino durante el movimiento ortodóntico, coincidimos con Park¹³⁰ en que al intentar mover ortodónticamente este elemento dentario hacia las corticales sinusales o nasales se deberían considerar los riesgos de posibles reabsorciones radiculares, dehiscencias o fenestraciones, durante el desplazamiento.

Motokawa *et al*¹⁸⁷ realizaron un estudio para determinar la prevalencia y severidad de la reabsorción radicular post tratamiento ortodóntico con y sin extracciones y sus resultados indicaron una asociación positiva entre la severidad de la reabsorción y la distancia existente desde el ápice de los dientes antero superiores a las corticales, entre otros factores.

La reabsorción radicular se considera una secuela desfavorable y en parte iatrogénica del tratamiento de ortodoncia, siendo difícil tanto de predecir como de reparar¹⁸⁸⁻¹⁹⁰. Los movimientos de intrusión suelen presentar mayor probabilidad de contacto cortical y por lo tanto tienen mayor riesgo de provocar reabsorciones radiculares^{191,192}.

Guo *et al*¹⁴³ mostraron en un estudio en 3D que los movimientos de retracción y especialmente los de intrusión de los incisivos superiores pueden provocar dehiscencias del hueso alveolar alrededor de los dientes, sin que estas sean detectadas en radiografías bidimensionales. Extrapolando esta situación al canino, es lógico suponer que si el ápice del mismo toma contacto y comprime las corticales durante la retracción o la intrusión el riesgo de reabsorciones radiculares y dehiscencias sería considerable; en función de ello, creemos oportuno considerar la indicación de la exploración tomográfica de la zona, previamente a intentar desplazar el canino hacia distal.

Pensamos que actualmente se impone el diagnóstico ortodóntico con imágenes tridimensionales, donde la planificación debería ser similar a la que se realiza para colocar un implante, en el que se contempla la altura y el ancho del hueso, así como la proximidad a las estructuras anatómicas críticas como son el seno maxilar, el canal del nervio dentario inferior o el suelo de fosas nasales. Numerosos estudios sostienen que en la ortodoncia contemporánea, los movimientos corono radiculares deberían planificarse mediante imágenes tridimensionales¹⁹³.

Chung *et al*¹⁹⁴ consideran que tanto la proximidad de las raíces de los incisivos superiores con el canal nasopalatino, la probabilidad de contacto o la invasión de las raíces dentro del mismo durante la retracción del frente anterior no se ha evaluado de cerca en la literatura ortodóntica. Creen que la falta de información puede deberse a que el canal nasopalatino por su dimensión o morfología no está claramente definido en las radiografías convencionales bidimensionales, y recomiendan las imágenes en 3D, con las cuales el canal nasopalatino se puede observar con claridad. Puntualizan, igual que otros trabajos¹⁹⁵⁻¹⁹⁸ la importancia del diagnóstico 3D de esta zona ya que consideran que durante la retracción máxima de los incisivos centrales la reabsorción radicular inflamatoria se da con mucha frecuencia. Podemos suponer que similar situación sucede con la proximidad del canino y las corticales durante la retracción, es decir, pensamos que posiblemente al no poder observarse con claridad en las radiografías convencionales no son tenidas en cuenta en la planificación del tratamiento restándole importancia a la relevancia que tiene el diagnóstico de esta zona en los movimientos ortodónticos corono radiculares.

Aunque también se podría pensar en que el problema para desplazar el canino en algunos casos no sea estrictamente el contacto con la cortical sino que esté asociado al grado de mineralización de las estructuras, lo cual puede ser motivo de una nueva investigación.

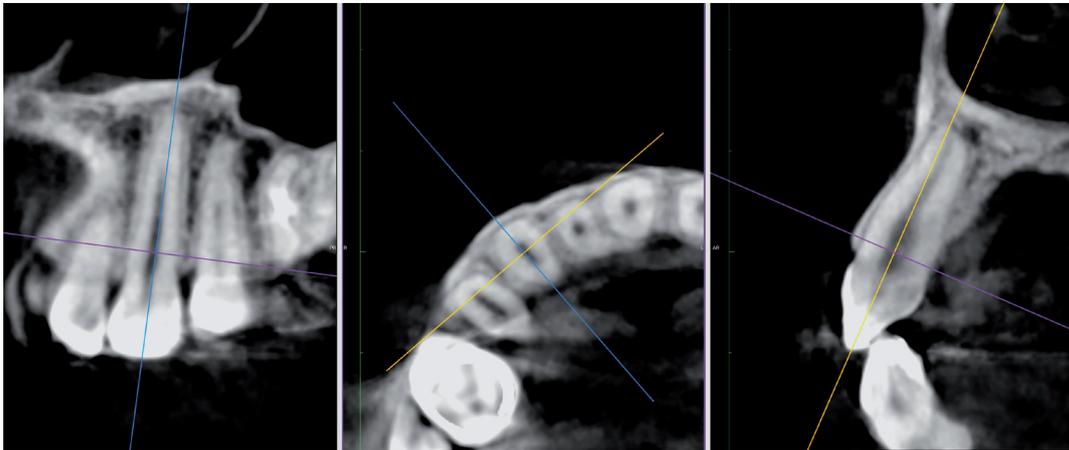


Figura 52. Relación con cortical sinusal. Ejemplo de la reabsorción de la cortical en tratamiento de primer premolar y retracción de canino.
Fuente: Archivo personal.

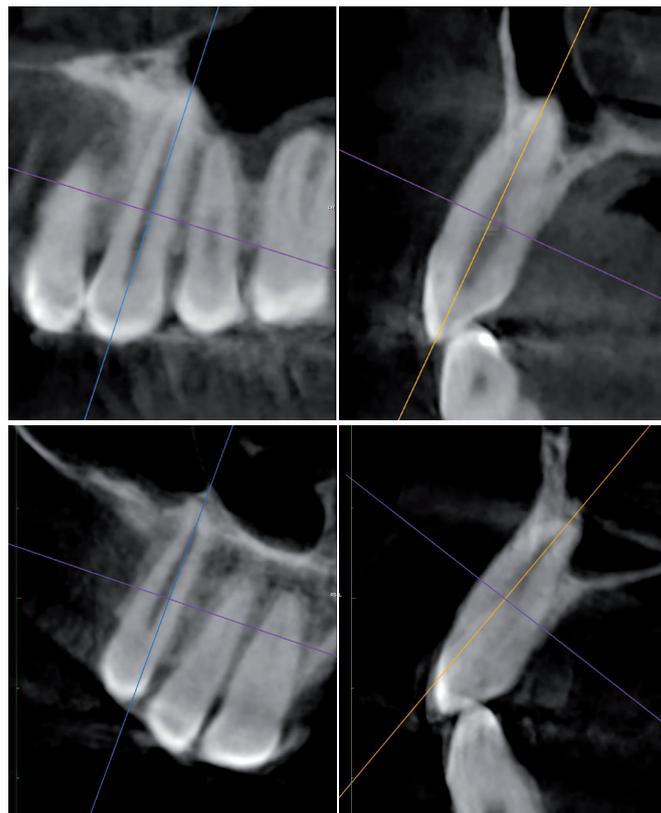


Figura 53. Ejemplo de fenestración y remodelación ósea de la cortical en tratamiento con exodoncia de primer premolar y retracción del canino.
Fuente: Archivo personal.

En el contacto de la raíz del canino con las corticales pueden suceder diferentes situaciones biológicas, por ejemplo, una probabilidad es que las corticales se fenestren, y otra puede ser que se reabsorba la raíz.

Una posible explicación a la remodelación ósea que aparentemente se produce en la pared interna del seno maxilar tras la compresión de la raíz mediante fuerzas ortodónticas, podría describirse de la siguiente manera: primero, la raíz tomaría contacto con la cortical, de manera que la fuerza aplicada activaría a los osteoblastos y osteoclastos produciendo reabsorción en la superficie cortical; segundo, las fibras periodontales se reinsertan generando áreas que funcionan a la tracción y estimulan la aposición ósea; tercero, la raíz desplaza el periostio y la mucosa sinusal o nasal hacia la luz del mismo. Sería lógico pensar, que posiblemente exista siempre un área, que toma contacto compresivo con la cortical y en esta área no se produzca aposición ósea permaneciendo una zona de fenestración ósea. Dicha fenestración, al encontrarse aislada de la luz del seno maxilar o de las fosas nasales por el periostio y la mucosa nasal o sinusal no tendría posteriores complicaciones bacterianas, ni sintomatología clínica.

Las dehiscencias óseas producidas por el movimiento expansivo en las crestas óseas corticales vestibulares y linguales, podrían tener similar mecanismo de formación, sin embargo, al quedar expuestas al medio oral, las fuerzas propias de la masticación y la contaminación bacteriana hacen que la respuesta biológica sea diferente. En este caso, la contaminación bacteriana y los traumatismos propios de la alimentación provocan migraciones del epitelio de unión al haberse perdido las crestas óseas alveolares necesarias para su estabilidad. Fig.10.

Un estudio realizado en perros¹⁴⁴, demostró que el movimiento de los dientes contra las corticales del suelo de fosas nasales produce una moderada reabsorción radicular y hallaron indicios de neoformación ósea en la pared nasal de la cortical, observado a nivel histológico.

También el estudio de Kraus *et al*¹⁹⁹ realizado en perros, pone en evidencia que se habían producido dehiscencias importantes y se había reducido el espesor del hueso en las superficies bucales de las raíces de los premolares. También se produjo aposición ósea en la superficie perióstica del hueso en los bordes delanteros del segundo premolar.

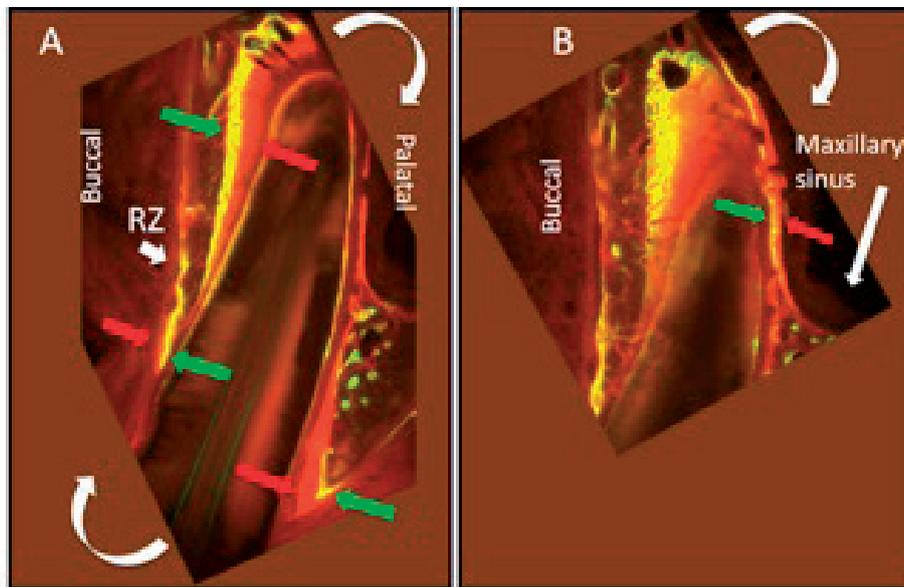


Figura 54. Microscopía del estudio de Kraus¹⁹⁹. Muestra aposición y reabsorción ósea durante el movimiento ortodóntico.

Fuente: Tomado de Kraus *et al*¹⁹⁹.

Las secciones coronales en el estudio histomorfométrico demostraron neoformación ósea sobre lo que parecía ser el hueso cortical del seno maxilar. Aunque hubo una mayor cantidad de aposición ósea en el lado de tracción en comparación con el lado de compresión, las bandas fluorescentes indicaron claramente que se estaba formando hueso por delante del movimiento de los dientes.

En dicho estudio la aposición de hueso ocurrió en el lado de tracción de los ápices radiculares, es decir, el ligamento periodontal se reinserta en el hueso cerca del ápice.

D. LONGITUD DE CANINO Y LONGITUD DE PREMOLAR

Al analizar la longitud del canino obtuvimos un valor de media de 25.88mm y en la longitud del primer premolar de 20.41mm, por lo tanto la diferencia entre ambas fue de 5.50 mm. Nuestros resultados se aproximan a los valores encontrados por Ash²³ y Esponda²⁴. Tabla 17.

Tabla 17. Comparación de los estudios previos con los resultados de la tesis en la longitud de canino y primer premolar.

Fuente	Longitud media de canino (mm)	Longitud media de primer premolar (mm)	Diferencia media (mm)
Ash	27	22.5	4.5
Esponda	26	20	6
Diamond ²⁴	32	23	9
Sicher ²⁵	27	21.7	6.7
Estudio tesis	25.88	20.41	5.5

E. FACTORES DE RIESGO

Dentro del estudio analizamos las posibles variables que podrían influir en la relación de proximidad de las corticales sinusales y nasales con el canino durante la retracción.

1. Análisis del sexo

Al analizar el sexo del individuo no encontramos relación con la probabilidad de presentar contacto cortical o falta de espacio vertical para distalar el canino. Aunque observamos que los caninos del sexo masculino son más largos que los del femenino, las diferencias no fueron significativas.

El sexo del individuo ha sido motivo de controversia respecto a lo encontrado en diferentes estudios, algunos observan diferencias significativas en el volumen de los senos maxilares de acuerdo al sexo y otros no. Si bien en nuestro estudio no analizamos el volumen del seno, sino, la relación de proximidad de este con el ápice del canino, tomamos como referencia dichos trabajos para explicarnos el comportamiento de la variable sexo en nuestros resultados.

Shibli *et al*²⁰⁰ estudian la relación de la edad y el sexo del sujeto en la prevalencia de variaciones anatómicas del seno maxilar, como la presencia de septum, y no obtienen diferencias significativas. Corroboran lo observado en los estudios realizados por Killic *et al*³⁶ que no encontraron importantes diferencias en la distancia entre las raíces de los molares superiores y el suelo del seno maxilar en relación al sexo.

Otros estudios consultados^{201,202} también coinciden con nuestros hallazgos, por lo que podemos deducir que el problema de falta de espacio y el riesgo de contacto cortical del canino es independiente del sexo del individuo.

En contraposición, el estudio de Oktay *et al*²⁰³ encontraron relación entre las maloclusiones de clase II de Angle con el sexo femenino y con senos maxilares grandes, lo que haría suponer que las relaciones de los dientes con el seno maxilar podrían ser más próximas en mujeres en las que se presenta este tipo de maloclusión.

Saccucci *et al*²⁰¹ estudiaron el volumen de los senos maxilares en CBCT en relación a los diferentes patrones esqueléticos sagitales como la clasificación de Angle y no hallaron diferencias significativas.

Igualmente la literatura refiere que en los tipos craneofaciales braquicéfalos la relación del canino y el suelo de fosas nasales es más cercana, no obstante, al igual que las diferencias entre razas, no fueron aspectos estudiados en este trabajo.

2. Análisis de la edad

Respecto a la edad, no encontramos asociación con la probabilidad de riesgo de contacto cortical o de falta de espacio, siempre hablando en sentido vertical.

La posibilidad de que el canino contacte con las corticales no parece estar asociado a la edad de acuerdo a nuestros hallazgos, aunque siempre se supuso lo contrario. El seno maxilar está presente desde el nacimiento, y aumenta su tamaño hasta los 18 o 20 años y en varones cerca de los 25 años²⁰⁴. Por lo tanto estos cambios en los patrones de crecimiento van acompañados también de variaciones en la dirección de crecimiento tanto vertical, horizontal y anteroposterior²⁰⁵. Algunos estudios sugieren que el crecimiento de los senos maxilares continúa hasta los 40 años en hombres y hasta los 30 en mujeres²⁰⁶.

Posiblemente el hecho de que en algunos niños y jóvenes, la madurez de los senos se produce a una edad temprana y entonces, una gruesa lámina de 2 o 3 mm de hueso cortical en el piso del seno cubre y encajona el primer molar superior.

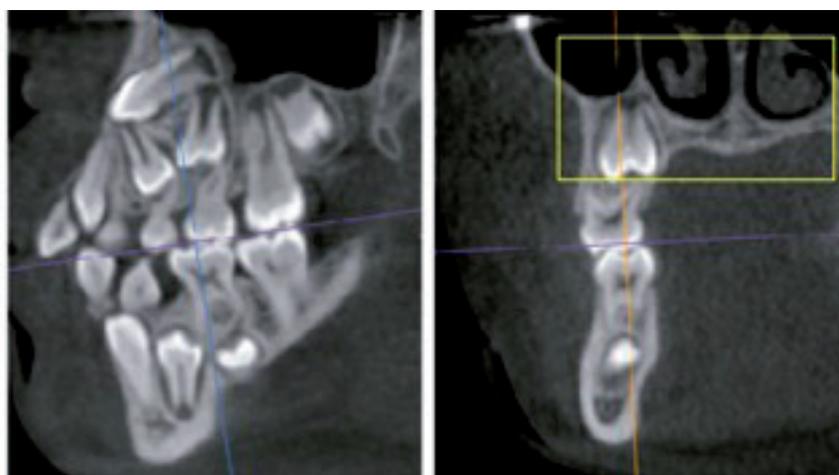


Figura 55. Relación de los dientes con el seno maxilar en un paciente joven con dentición mixta. Situación encontrada en tomografías del estudio de la tesis..
Fuente: Archivo personal.

Cuando esto sucede en un niño pequeño, con activos ajustes a nivel de las suturas, el movimiento en los maxilares superiores se ve favorecido por la incapacidad del primer molar superior de desplazarse a través de este soporte cortical. Esta relación del seno se produce generalmente en casos con baja altura alveolar y temprana madurez sinusal³⁰.

El hecho de que los caninos y premolares reduzcan su longitud con la edad, posiblemente debido al desgaste de las coronas, pudo hacer suponer que la edad influía en la probabilidad del contacto de las raíces de los dientes con las corticales sinusales o nasales.

Ariji *et al*²⁰⁷ estudiaron la influencia de la edad en el tamaño y volumen del seno maxilar en CBCT y no encontraron diferencias significativas en los distintos grupos etareos.

Otros trabajos, entre ellos, el de Ok *et al*²⁰⁸ que analizan la distancia entre suelo de seno maxilar y los ápices de premolares y molares superiores en diferentes grupos etareos, llegan a la conclusión de que la relación del suelo del seno con las raíces varía con la edad. Sus resultados indican que durante las 3 primeras décadas de la vida la relación de proximidad es mayor.

Tal como sugiere Jun *et al*²⁰⁶ probablemente esto se deba a un desarrollo incompleto del seno maxilar.

Didilescu *et al*²⁰⁹ realizaron un estudio en CBCT estudiaron la distancia de primeros molares al suelo del seno maxilar en relación a la edad y concluyeron en que si bien la tendencia a que la distancia fuera menor en personas de mayor edad, las diferencias entre grupos etareos no fue significativa.

Existe cierta falta de consenso respecto a la influencia de la edad en el tamaño y volúmenes de los senos maxilares, lo que directamente repercutirá en la proximidad de las corticales con los dientes.

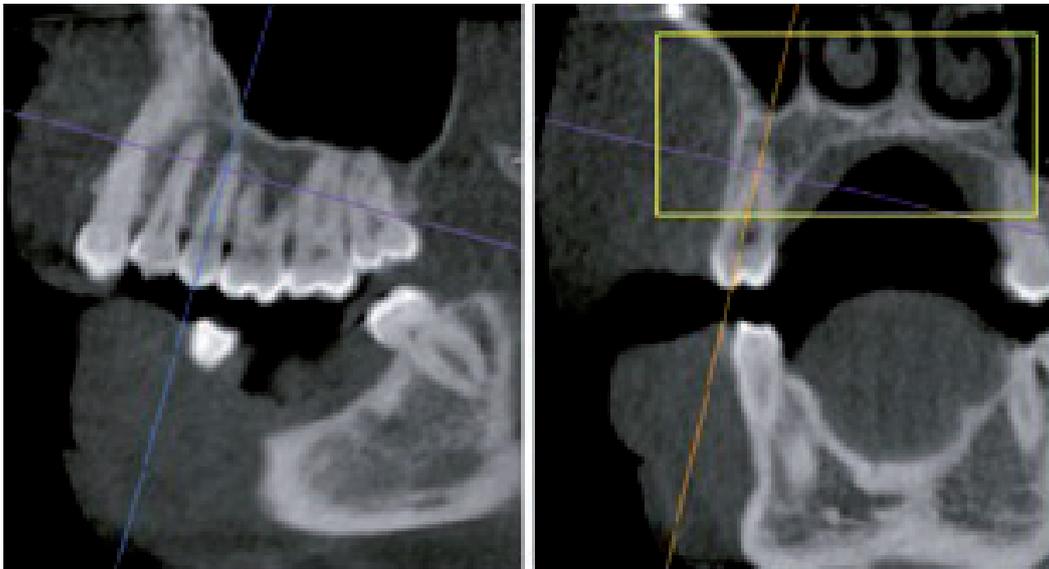


Figura 56. Relación de los dientes con el seno maxilar en un paciente adulto mayor. Situación encontrada en tomografías del estudio de la tesis..

Fuente: Archivo personal.

Dado que en nuestro estudio el grupo etáreo de más de 15 a 65 años fue considerablemente más numeroso, asumimos que la muestra no estuvo equilibrada respecto a la edad.

3. Análisis del lado de la cara

Otro factor que no mostró asociación con la probabilidad de riesgo de contacto cortical y falta de espacio fue el lado de la cara. Este hallazgo confirma lo que ya otros trabajos^{36,210-212} que han analizado la relación del suelo del seno maxilar con los ápices de los molares superiores en CBCT en relación al lado de la cara y no encontraron diferencias significativas.

Este resultado cobra especial importancia en ortodoncia, ya que las asimetrías faciales son muy frecuentes, aproximadamente el 12% de la población presenta asimetrías faciales²¹³ y estas deben ser analizadas como parte del diagnóstico ortodóntico, para ser compensadas con el tratamiento. Las asimetrías más frecuentes a nivel de relaciones maxilomandibulares

4. Análisis de la longitud del canino y de la longitud del primer premolar

La diferencia entre la longitud del canino y la longitud del premolar si se identificó como un factor de riesgo de la falta de espacio vertical para distalar el canino, el riesgo fue 1.52 veces mayor por cada milímetro más de diferencia existente. A su vez la falta de espacio para realizar el movimiento ortodóntico fue mayor cuando la diferencia entre la longitud del primer premolar y del canino fue mayor a 6.2 mm.

Los caninos cuya longitud media fue de 26.6 mm tuvieron mayor probabilidad de no tener espacio para ser distalados con seguridad comparados con caninos cuya longitud fue de 25.5 mm.

Estos resultados nos permiten sugerir que la longitud del canino influye directamente en la probabilidad de no contar con el espacio suficiente para desplazar el elemento dentario sin encontrarse con estructuras corticales que dificulten lograr la posición deseada. Es decir que, cuanto mayor sea la longitud del canino mayor será la probabilidad de que se presente un contacto cortical durante el movimiento distal y de que no exista espacio suficiente para el desplazamiento, con las posibles consecuencias que el hecho conlleva.

Cuando analizamos el espacio disponible, observamos que la probabilidad de que este no fuera suficiente era mayor cuando la cortical en contacto era la sinusal, siendo el riesgo entre 5.92 y 38.62 veces mayor que cuando el contacto era con la cortical nasal.

5. Análisis de la distancia ápice cortical

Al analizar la distancia entre el ápice del primer premolar y la estructura cortical observamos que cuando la distancia media fue de 8.5 (DS 2.7) el espacio era suficiente para retraer el canino. Mientras que si la distancia media era 3.5 (DS 2.1) el espacio no era suficiente. Por lo tanto pensamos que la probabilidad de no disponer de espacio vertical para retraer el canino se puede predecir analizando la distancia entre el ápice del primer premolar y la estructura cortical, cuanto menor sea esta distancia menor será el espacio para realizar el distalamiento sin que el ápice del canino contacte con la cortical.

Roque Torres *et al*²¹⁴ midieron la distancia desde el ápice del primer premolar a la cortical sinusal a través del eje longitudinal de la raíz en CBCT y encontraron una distancia media de 6.54 mm, muy cercana a los valores encontrados en nuestro trabajo donde la media fue de 6.53 mm. Chung¹⁹⁴ encontró como factores de riesgo relacionados con el tratamiento de ortodoncia: la duración y la magnitud de la fuerza, la proximidad de la raíz al hueso cortical, la densidad ósea alveolar, el tipo de maloclusión, la morfología de la raíz y la influencia genética.

Otros estudios, como el de Mirabella *et al*¹⁹⁰ entre los factores de riesgo analizados durante la retracción de incisivos superiores, también identificaron que la distancia entre el ápice y la cortical ejercía fuerte influencia en el riesgo de reabsorciones radiculares y dehiscencias óseas durante el movimiento.

6. Factores de riesgo de contacto cortical y de D- en la retracción del canino identificados en el estudio.

En relación a las variables que identificamos como factores de riesgo en este estudio podemos sugerir los siguientes parámetros a tener en cuenta a la hora de planificar el movimiento ortodóntico distal del canino superior y esperar el contacto con alguna cortical, resumidos en la Tabla 18.

Tabla 18. Parámetros identificados en el estudio para orientar el diagnóstico con CBCT en la retracción del canino

Factor de riesgo	Bajo riesgo de contacto cortical y espacio suficiente D+	Alto riesgo de contacto cortical y falta de espacio D-
Longitud de canino (CBCT) (mm)	≤25.5	≥26.6
Diferencia entre longitud de canino y longitud de premolar (CBCT) (mm)	< 6.2	> 6.2
Contacto cortical (CBCT)	Contacto con cortical nasal o nasal sinusal	Contacto con cortical sinusal 5.92 a 38.62 veces mayor
Distancia ápice primer premolar a cortical (CBCT) (mm)	8.5	3.5

Quizás este sea el aspecto de mayor utilidad inmediata del estudio, es decir la valoración de las medidas analizadas para orientar al diagnóstico y la planificación del tratamiento. Debiendo ser evaluadas en CBCT, y observadas en los cortes MPR.

F. LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Este estudio se realizó suponiendo un movimiento de magnitud tal que el canino se desplace completamente al lugar del primer premolar extraído. Habría sido importante poder evaluar cómo aumenta el riesgo de contacto a medida que aumenta la magnitud de la retracción del canino y su angulación.

El movimiento dental a través de corticales del seno neumatizadas post exodoncias, ha sido estudiado en reportes de casos clínicos, pero no así en corticales sin procesos de neumatización como son los casos de extracciones de premolares. Donde el movimiento dental se sucede en una zona de encuentro de corticales entre el suelo del seno maxilar y fosas nasales, cuya mineralización, vascularización y origen son diferentes a las áreas de las neumatizaciones post exodoncias, que son más delgadas y menos vascularizadas. Por lo tanto probablemente el área donde se mueva el canino hacia distal tenga un metabolismo diferente y este contacto tenga un resultado distinto al descrito en áreas neumatizadas.

G. NUEVAS LÍNEAS DE INVESTIGACION

Actualmente hay nuevas líneas de investigación con respecto al movimiento ortodóntico, que pueden hacer cambiar algunos principios. Con la aparición de la imagen 3D la comprensión de lo que sucede in vivo con los tejidos y estructuras involucradas en el tratamiento ortodóntico, han permitido desarrollar nuevas líneas de investigación.

Así se han realizado estudios, como el de Cardaropoli⁸⁰ que consideran posible mover los dientes a través de las limitaciones anatómicas como las barreras sinusales. El trabajo de Oh *et al*²¹⁵ tienen la misma postura y muestran un caso donde el movimiento ortodóntico es a través del seno maxilar.

Garib *et al*⁸¹ muestran que logran desplazar un incisivo central a través de la sutura media palatina, con controles satisfactorios a dos años de tratamiento, aunque advierten de la necesidad de estudios que ayuden a dar mayor claridad al comportamiento de las corticales.

El estudio de Saglan *et al*²¹⁶ basados en los principios de la teoría de la tensión-presión, explicada en el apartado 6.2 de la introducción de esta Tesis, propone inducir la remodelación del suelo del seno maxilar mediante el movimiento ortodóntico de los dientes con el fin de proporcionar un espacio adecuado para la colocación de implantes. Presentan un caso en el cual logran remodelar el suelo del seno maxilar, generando nuevo hueso, mediante la aplicación de fuerzas ortodónticas y posteriormente colocan implantes. Concluyen que esta técnica les resulta con menos complicaciones que las quirúrgicas convencionales, ya que esta, no tiene riesgo de lesiones nerviosas o vasculares, perforaciones, exposición de membranas o injertos, ni tampoco de sinusitis agudas.

En esta línea, también el estudio de Savi *et al*²¹⁷ propone al movimiento ortodóntico de los dientes como una alternativa a la técnica de elevación del seno, con el fin de neoformar hueso en el mismo.

Estas nuevas líneas de investigación, en cierta manera tienden a transgredir las normas de respetar los límites anatómicos dentro de los cuales se dijo siempre que deberían moverse los dientes.

Las respuestas biológicas al movimiento ortodóntico han sido ampliamente estudiadas en animales de investigación, pero aún no están completamente dilucidadas en humanos, y en este sentido también se está investigando la reparación biológica de los tejidos tras el movimiento ortodóntico.

Hay estudios que como el de Feller *et al*²¹⁸ que analizan la reparación radicular por cemento y otros que proponen técnicas basadas en la corticotomía para acelerar la retracción de los caninos.

Todas estas líneas, creemos son viables de seguir investigando y dados los resultados que hemos obtenido en este estudio, consideramos sumamente necesario seguir profundizando en el comportamiento biológico de las corticales durante el movimiento ortodóntico distal del canino.

CAPÍTULO VII. CONCLUSIONES.

CONCLUSIONES

I

Hemos identificado que es posible que el canino superior contacte u ocupe un mismo espacio con las corticales nasales o sinusales durante el movimiento ortodóntico distal del mismo.

II

De las situaciones analizadas la prevalencia encontrada de que el canino superior contacte u ocupe un mismo espacio con las corticales nasales o sinusales fue del 39,6%. El ápice del canino superior tomaría contacto con la cortical sinusal maxilar en el 51,69 % de las situaciones, siendo esta la relación que se daría con mayor frecuencia. En el 17,87 % de las situaciones observadas el ápice del canino tomaría contacto con la cortical nasal o sinusal, siendo esta la situación menos frecuente y en el 29,95 % de las situaciones el ápice del canino se relacionaría con la cortical del suelo de fosas nasales.

III

La edad y el sexo no influirían en la probabilidad de contacto del canino superior con las corticales sinusales o nasales.

IV

Los indicadores de riesgo identificados fueron: la diferencia entre la longitud del canino y su premolar correspondiente, a mayor diferencia mayor riesgo. La distancia entre el ápice del primer premolar y la cortical sinusal o nasal, a menor distancia mayor riesgo. La longitud del canino superior, a mayor longitud mayor riesgo. Cuando la cortical bajo la que se encuentra el primer premolar es sinusal el riesgo es mayor.

CAPÍTULO VIII. BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

1. Laín Estralgo P. Historia Universal de la Medicina. 7 volúmenes. Salvat Editores S.A. Barcelona. 1975.
2. Testut L, Latarjet A. Tratado de Anatomía Humana Vol. III. Ed Salvat editores 1º edición. Barcelona 1972.
3. Velayos J L, Diaz Santana H. Cara y fosas craneofaciales en "Anatomía de la cabeza". Ed panamericana 3º edición. Madrid 2001. Pp 76-8
4. Shea, J. Morphological characteristics of the sinuses. Archives of Otolaryngology 1936;23;484-487.
5. Ten Cate A. Embriología de la cabeza, de la cara y de la cavidad bucal en "Histología Oral, desarrollo, estructura y función". Ed Panamericana 2º edición. Buenos Aires 1986 Pp. 55-58.
6. Ritter, F.N. The paranasal sinuses en "Anatomy and surgical technique". 2º Edición. Ed. Mosby, St Louis, 1978, Pp 6-16.
7. Srouji S, Kizhner T, Ben David D, Riminucci M, Bianco P, Livne E. The Schneiderian membrane contains osteoprogenitor cells: in vivo and in vitro study. Calcified Tissue International. 2009 Feb; 84(2):138-45.
8. Srouji S, Ben-David D, Lotan R, Riminucci M, Livne E, Bianco P. The innate osteogenic potential of the maxillary sinus (Schneiderian) membrane: an ectopic tissue transplant model simulating sinus lifting. International Journal of Oral Maxillofacial Surgery. 2010 Aug; 39(8):793-801.
9. Guillén López M. Morfología y morfometría del seno maxilar: interés clínico y quirúrgico en odontología y cirugía maxilo-facial. Tesis Doctoral. Valencia: Universidad de Valencia; 2001.
10. Galiana Álvarez A. Seno maxilar y su repercusión en la morfología facial. Tesis doctoral. Valencia. Universidad de Valencia, 2001.
11. Abramovich A. Embriología de la región maxilo facial. 3º Edición. Editorial Médica Panamericana. Buenos Aires. 1997.
12. Underwood A. An inquiry into the anatomy and pathology of the maxillary sinus. Anatomy and pathology of the maxillary sinus. 1910. pp.354-359.

13. Aprile H, Figun M, Gariño R. Anatomía Odontológica orocervicofacial. 5^o Edición. El Ateneo. Buenos Aires. 1975.
14. Orban E, Bhaskar S. Histología y embriología bucal. 11^a Edición. Editorial El Prado. Mexico. 1993.
15. Enlow D H. Crecimiento y desarrollo cráneo Facial. 3^a Edición. W.B.Sander. Filadelfia. 1995.
16. Moore Keith L. Embriología Clínica. 3^a Edición. Editorial Interamericana. México. 1985.
17. Figún M, Gariño R. Anatomía Odontológica Funcional y Aplicada. 2^a Edición. El Ateneo. Buenos Aires. 2001.
18. Norton N S. Netter. Anatomía de cabeza y cuello para Odontólogos. 2^a Edición. Elsevier Mason. Madrid. 2012.
19. Backer E. Atlas de anatomía de la cabeza y el cuello para odontología. Editorial médica Panamericana. Buenos Aires. 2011.
20. Rouvière, H. Delmas A. Delmas V. Anatomía humana: descriptiva, topográfica y funcional, Volumen 1 (11va edición). Elsevier, España. 2005. p. 347
21. Efthimia K. Basdra, Angelika Stellzig, Gerda Komposch. The importance of the maxillary sinuses in facial development: a case report. European Journal of Orthodontics 1998; 20: 1-4.
22. Haergreaves K. Cohen Vías de la pulpa. 10^a Edición. Elsevier Mason. 2011.
23. Ash, Major M. Anatomía Dental, Fisiología y Oclusión de Wheeler. 6^a ed. Nueva Editorial Interamericana. México.1986
24. Esponda Vila, Rafael. Anatomía dental. 7^a ed. Facultad de Odontología, UNAM. México 2002. págs. 117 a 305
25. Diamond, Moses. Anatomía Dental. 2^a ed. Unión Tipográfica Editorial Hispano Americana. México. 1962
26. Sicher, Harry & Tandler, Julius. Anatomía para dentistas. Ed. Labor. Barcelona 1960

27. Alonso A, Albertini J. Oclusión y diagnóstico en Rehabilitación oral. Editorial Panamericana. Buenos Aires. 1999.
28. Dewel BF. The upper cuspid: Its development and impaction. *Angle Orthod* 1949;19:79-90.
29. Ericson S, Kurol J. Longitudinal study and analysis of clinical supervision of maxillary canine eruption. *Community Dent Oral Epidemiol* 1986;14(3): 172-86.
30. Ricketts R, Gugino C, Hilgers J, Schulhof R. Técnica bioprogresiva de Ricketts. Editorial médica panamericana. Buenos Aires. 1983.
31. Salagaray Lamberti V, Lozada Lorencez J. Consideraciones biológicas del maxilar superior en "Técnica de elevación sinusal. Injerto subantral de inducción ósea". ADS Printing. Madrid 1993.
32. Van der Berg J, Ten Bruggen Kate C. Anatomical aspects of sinus floor elevations. *Clin Oral Implants Res* 2000; 11: 256-65
33. Wehrbein H, Diedrich P. The initial morphological state in the basally pneumatized maxillary sinus, a radiological histological study in man. *Fortschritte der Kieferorthopädie* 1992; 53:254-62.
34. Kim MJ, Jung UW, Kim CS, Kim KD, Choi SH, Kim CK, et al. Maxillary sinus septa: prevalence, height, location, and morphology. A reformatted computed tomography scan analysis. *J Periodontol* 2006;77:903-8.
35. Krennmair G, Ulm CW, Lugmayr H, Solar P. The incidence, location, and height of maxillary sinus septa in the edentulous and dentate maxilla. *J Oral Maxillofac Surg* 1999;57:667-71.
36. Kilic C, Kamburoglu K, Yuksel S, Ozen T. An Assessment of the Relationship between the Maxillary Sinus Floor and the Maxillary Posterior Teeth Root Tips Using Dental Cone-beam Computerized Tomography. *European Journal of Dentistry*. October 2010 - Vol.4:354-359.
37. Won-Jin Lee, Seung-Jae Lee, Hyoung-Seop Kim. Analysis of location and prevalence of maxillary sinus septa. *J Periodontal Implant Sci* 2010;40:56-60
38. Graber TM. Ortodoncia Teoría y Práctica. 4ª ed. Ed. Interamericana Buenos Aires. 1981.

39. Kruger G. Cirugía buco maxilo facial. 1ª Edición. Editorial Médica Panamericana. Buenos Aires. 1987.
40. Baker E W, Schünke M, Schulte E, Schumacher U. Prometheus. Atlas de Anatomía de la Cabeza y el Cuello para Odontología. 1ª Edición. Editorial médica panamericana. Madrid. 2011.
41. Mc Growan DA, Baxter PW, James J. The Maxillary Sinus and its Dental Implications. 1ª ed. London: Wright Co. 1993:1-25.
42. Arbel Sharan, David Madjar. Correlation between maxillary sinus floor topography and related root position of posterior teeth using panoramic and cross-sectional computed tomography imaging. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol OralRadiol Endod* 2006;102:375-381.
43. Freisfeld M, Drescher D, Schellmann B, Schüller H. The maxillary sixth-year molar and its relation to the maxillary sinus. A comparative study between the panoramic tomogram and the computed tomogram. *Fortschr Kieferorthop*1993;54:179-186.
44. Eberhardt JA, Torabinejad M, Christiansen EL. A computed tomographic study of the distances between the maxillary sinus floor and the apices of the maxillary posterior teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1992;73:345-346.
45. Kang SH, Kim BS, Kim Y. Proximity of Posterior Teeth to the Maxillary Sinus and Buccal Bone Thickness: A Biometric Assessment Using Cone-beam Computed Tomography. *J Endod*. 2015 Nov;41(11):1839-46.
46. Chanavaz M. Maxillary sinus: Anatomy, physiology, surgery and bone grafting related to implantology. Eleven years of surgical experience (1979-1990). *Journal of implantology* 1990;16: 199-209.
47. Wehrbein H, Fuhrmann RA, Diedrich PR. Human histologic tissue response after longterm orthodontic tooth movement. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 1995; 107(4): 360-71.
48. Kwak HH, Park HD, Yoon HR, Kang MK, Koh KS, Kim HJ. Topographic anatomy of the inferior wall of the maxillary sinus in Koreans. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2004;33:382-8.

49. Wehrbein H, Diedrich P. Progressive pneumatization of the basal maxillary sinus after extraction and space closure. *Fortschritte der Kieferorthopädie* 1992; 53:77-83.
50. Shahidi S, Zamiri B, Momeni Danaei S, Salehi S, Hamedani S. Evaluation of Anatomic Variations in Maxillary Sinus with the Aid of Cone Beam Computed Tomography (CBCT) in a Population in South of Iran. *J Dent (Shiraz)*. 2016 Mar;17(1):7-15
51. Khajehahmadi S, Rahpeyma A, Hoseini Zarch SH. Association between the lateral wall thickness of the maxillary sinus and the dental status: cone beam computed tomography evaluation. *Iran J Radiol*. 2014; 11: e6675.
52. Hamdy RM, Abdel-Wahed N. Three-dimensional linear and volumetric analysis of maxillary sinus pneumatization. *J Adv Res*. 2014 May;5(3):387-95.
53. Misch CE. *Contemporary implant dentistry*. 2ª ed. San Luis. CV Mosby Co, 1999.
54. Echarri P, Tae-Weon K, Favero L, Hee-Jin K. Consideraciones anatómicas. Dónde y dónde no insertar microimplantes. En "Ortodoncia y microimplantes. Técnica completa paso a paso". Editorial Ripano. 1ª edición. Madrid, España.2008.
55. Bondemark L, Jeppsson M, Lindh-Ingildsen L, Rangne K. Incidental findings of pathology and abnormality in pretreatment orthodontic panoramic radiographs. *Angle Orthod* 2006;76:98-102.
56. Gosau M, Rink D, Driemel O, Draenert F. Maxillary sinus anatomy: a cadaveric study with clinical implications. *The Anatomical Record* 2009; 292:352–354.
57. Kang SH, Kim BS, Kim Y. Proximity of Posterior Teeth to the Maxillary Sinus and Buccal Bone Thickness: A Biometric Assessment Using Cone-beam Computed Tomography. *J Endod*. 2015 Nov;41(11):1839-46.
58. Estrela C , Nunes C , Aguirre Guedes O , Alencar A , Estrela C , Gariba Silva R , Djalma Pécora J , Sousa-Neto M . Study of Anatomical Relationship between Posterior Teeth and Maxillary Sinus Floor in a Subpopulation of the Brazilian Central Region Using Cone-Beam Computed Tomography - Part 2. *J. Braz. Dent. Jan./Feb. 2016. vol.27 no.1:9-15.*

59. Canut, J. Ortodoncia Clínica. Capítulo 15: Movimiento Ortodóncico, reacción tisular ante las fuerzas. Editorial Salvat. Barcelona; 1992.
60. Rangiani A, Jing Y, Ren Y, Yadav S, Taylor R, Feng JQ. Critical roles of periostin in the process of orthodontic tooth movement. *Eur J Orthod*. 2015 Oct 7.
61. Proffit W. Ortodoncia. Teoría y Práctica. Cap.9: Bases biológicas del tratamiento ortodóncico. Segunda edición. Mosby. 1994. Madrid; pp. 266-288.
62. Isola G, Matarese G, Cordasco G, Perillo L, Ramaglia L. Mechanobiology of the tooth movement during the orthodontic treatment: a literature review. *Minerva Stomatol*. 2016 Mar 17. Epub ahead of print.
63. Masella RS, Meister M. Current concepts in the biology of orthodontic tooth movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2006 Apr;129(4):458-68.
64. Cao H, Kou X, Yang R, Liu D, Wang X, Song Y, Feng L, He D, Gan Y, Zhou Y. Force-induced ADRB2 in periodontal ligament cells promotes tooth movement. *J Dent Res*. 2014 Nov;93(11):1163-9.
65. Proffit W. Contemporary Orthodontics. Mosby. 2000. Sant Louis.
66. Wang C, Han J, Li Q et al. Simulation of bone remodelling in orthodontic treatment. *Comput Methods Biomech Biomed Engin*. 2014;17:1042–1050.
67. Campos MJ, de Albuquerque EG, Pinto BCH, et al. The role of orthodontic tooth movement in bone and root mineral density: a study of patients submitted and not submitted to orthodontic treatment. *Med Sci Monit*. 2012;18:752–757.
68. Krishnan V, Davidovitch Z. Cellular, molecular, and tissue-level reactions to orthodontic force. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2006 Apr;129(4):469.e1-32.
69. Harry R, Sandy J. Orthodontics. Part 11: Orthodontic tooth movement. *British Dental Journal* 2004; 196:391-394.
70. Hsu JT, Chang HW, Huang HL, Yu JH, Li YF, Tu MG. Bone density changes around teeth during orthodontic treatment. *Clin Oral Investig*. 2011 Aug;15(4):511.

71. Reitan K. Effects on force magnitude and direction of tooth movement on different alveolar bone types. *Angle Orthod* 1964; 34: 244-249.
72. Hill P A. Bone remodelling. *Br J Orthod* 1998; 25: 101-107.
73. Reitan K. Orthodontics. Current principles and techniques. Cap. 2: Biomechanical principles and reactions. Mosby, 1985. San Luis; pp. 101-192.
74. Sandy J R, Farndale R W, Meikle M C. Recent advances in understanding mechanically-induced bone remodelling and their relevance to orthodontic theory and practice. *Am J Orthod Dento-fac Orthop* 1993; 103: 212-222.
75. Chang HW, Huang HL, Yu JH, et al. Effects of orthodontic tooth movement on alveolar bone density. *Clin Oral Investig*. 2012;16:679-688.
76. Handelman C S. The anterior alveolus: its importance in limiting orthodontic treatment and its influence on the occurrence of iatrogenic sequelae. *Angle Orthod*. 1996;2:95-110.
77. Ten Hoeve A, Mulie R. The effect of enteroposterior incisor repositioning on the palatal cortex as studied. *J.Clin Orthod* 1976;10:804-22.
78. Mulie R, Ten Hoeve A. The limitations of tooth movement within the symphysis studied with laminography and standardized occlusal films. *J. Clin Orthod* 1976;10:882-93.
79. Edward J G. A study of the anterior portion of the palate as it relates to orthodontic therapy. *Am J Orthod* 1976;69:249-273.
80. Cardaropoli S. Bodily tooth movement through the maxillary sinus with implant anchorage for single tooth replacement. *Clin Orthod Res* 2001;177-181.
81. Garib D G, Janson G, Bittencourt Dutra dos Santos P, Baldo T, Ulian de Oliveira G, Kiyoshi Ishikiriyama S. Orthodontic movement of a maxillary incisor through the midpalatal suture. A case report. *Angle Orthod*. 2012; 82:370-379
82. Horner K, Islam M, Flygare L, Tsiklakis K, Whaites E. Basic principles for use of dental cone beam computed tomography: consensus guidelines of the European Academy of Dental and Maxillofacial Radiology. *Dentomaxillofac Radiol* 2009;38:187-95.

83. Carter L, Farman AG, Geist J, Scarfe WC, Angelopoulos C, Nair MK, et al; American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology. American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology executive opinion statement on performing and interpreting diagnostic cone beam computed tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2008;106:561-2.
84. Cha JY, Mah J, Sinclair P. Incidental findings in the maxillofacial area with 3-dimensional cone-beam imaging. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007; 132:7-14.
85. Rogers SA, Drage N, Durning P. Incidental findings arising with cone beam computed tomography imaging of the orthodontic patient. *Angle Orthod* 2011; 81:350-5.
86. Gracco A , Incerti Parenti S, Ioele C, Bonetti J. Prevalence of incidental maxillary sinus findings in Italian orthodontic patients: a retrospective cone-beam computed tomography study. *The Korean Journal of Orthodontic* 2012;42(6):329-334.
87. Kravitz ND, Kusnoto B. Risks and complications of orthodontic miniscrews. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;131(4 Suppl):S43-51.
88. Gracco A, Tracey S, Baciliero U. Miniscrew insertion and the maxillary sinus: an endoscopic evaluation. *J Clin Orthod* 2010;44:439-43.
89. Hodges RJ, Atchison KA, White SC. Impact of cone-beam computed tomography on orthodontic diagnosis and treatment planning. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2013 May;143(5):665-74.
90. Lund H, Grondahl K, Grondahl HG. Cone beam computed tomography evaluations of marginal alveolar bone before and after orthodontic treatment combined with premolar extractions. *Eur J Oral Sci*. 2012 Jun;120(3):201-11.
91. Ahn HW, Moon SC, Baek SH. Morphometric evaluation of changes in the alveolar bone and roots of the maxillary anterior teeth before and after en masse retraction using cone beam computed tomography. *Angle Orthod*. 2013 Mar;83(2):212-21
92. Kapila S, Conley RS, Harrell WE Jr. The current status of cone beam computed tomography imaging in orthodontics. *Dentomaxillofac Radiol*. 2011; 40(1):24- 34.

93. Hechler SL. Cone-beam CT: applications in orthodontics. *Dent Clin North Am.* 2008; 52(4):809-23.
94. Korbmacher H, Kahl-Nieke B, Schöllchen M, Heiland M. Value of two cone-beam computed tomography systems from an orthodontic point of view. *J Orofac Orthop.* 2007; 68(4):278-89.
95. Lund H, Gröndahl K, Gröndahl HG. Cone beam computed tomography for assessment of root length and marginal bone level during orthodontic treatment. *Angle Orthod.* 2010; 80(3):466-73.
96. Jian-Hong Yu, Kuang-Wei Shu, Ming-Tzu Tsai, Jui-Ting Hsu, Hsin-Wen Chang, Kuan-Ling Tung. A cone-beam computed tomography study of orthodontic apical root resorption. *J Dent Sci.* 2013; 8(1):74-9.
97. Enhos S, Uysal T, Yagci A, Veli İ, Ucar FI, Ozer T. Dehiscence and fenestration in patients with different vertical growth patterns assessed with cone-beam computed tomography. *Angle Orthod.* 2012; 82(5):868- 74.
98. Yagci A, Veli I, Uysal T, Ucar FI, Ozer T, Enhos S. Dehiscence and fenestration in skeletal Class I, II, and III malocclusions assessed with cone-beam computed tomography. *Angle Orthod.* 2012; 82(1):67-74.
99. Gracco A, Lombardo L, Mancuso G, Gravina V, Siciliani G. Upper incisor position and bony support in untreated patients as seen on CBCT. *Angle Orthod.* 2009; 79(4):692-702. 2012;82:370-379.
100. Li S, Xia Z, Shih-Yao S, Eckert G, Chen J. Three-dimensional canine displacement patterns in response to translation and controlled tipping retraction strategies. *Angle Orthod.* 2015; 85:18-25.
101. American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology. Clinical recommendations regarding use of cone beam computed tomography in orthodontics. Position statement by the American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2013; 116(2):238-57.
102. Oppenheim A. Tissue changes, particularly of the bone, incident to tooth movement. *American Orthodontist* 1911;3:56 – 67,113 –132.
103. Oppenheim A. Bone changes during tooth movement. *International Journal of Orthodontia, Oral Surgery and Radiography* 1930; 16 : 535 – 551.

104. Oppenheim A. Biologic orthodontic theory and reality. A theoretical and practical treatise. *Angle Orthodontist* 1935; 5 : 159 – 211.
105. Oppenheim A. Biologic orthodontic theory and practice. *Angle Orthodontist* 1936;6:5–38,69 –116, 153–183.
106. McCormack S, Witzel U, Watson P, Fagan M, Gröning F. The Biomechanical Function of Periodontal Ligament Fibres in Orthodontic Tooth Movement. *PLoS ONE* 9(7): e102387. doi:10.1371/journal.pone.0102387.
107. Reitan K, Rygh P. Principios y reacciones biomecánicas. En: Graber T. & Vanarsdall R. *Ortodoncia. Principios generales y técnicas. Segunda edición.* Editorial Panamericana.1997. Buenos Aires; pp. 1030-1097.
108. Middleton J, Jones M, Wilson A. The role of the periodontal ligament in bone modeling: the initial development of a time dependent finite element model. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics.* 1996; 109:155–162.
109. Heller I J, Nanda R. Effect of metabolic alteration of periodontal fibers on orthodontic tooth movement. An experimental study. *American Journal of Orthodontics* 1979; 75 : 239– 258.
110. Cowin S C, Weinbaum S, Zeng Y A. case for bone canaliculi as the anatomical site of strain generated potentials . *Journal of Biomechanics* 1995; 28:1281–1297.
111. Davidovitch Z. Electric currents bone remodeling and orthodontic tooth movement. Part II. *Am J Orthod* 1980; 77: 33.
112. Zengo A N, Pawluk R J, Bassett C A L. Stress-induced bioelectric potentials in the dentoalveolar complex. *American Journal of Orthodontics* 1973; 64(1):17– 27.
113. Zengo A N, Basset CAL, Pawluk RJ, Prountzos G. In vivo bioelectrical potentials in the alveolar complex. *American Journal of Orthodontics* 1974;66:130-9.
114. Baumrind S, Buck D. Rate changes in cell replication and protein synthesis in the periodontal ligament incident to tooth movement. *American Journal of Orthodontics* 1970; 57:109–131.

115. Mühlemann H R. Tooth mobility. The measuring method. Initial and secondary tooth mobility. *Journal of Periodontology* 1954;25:22–29.
116. Mühlemann H R, Zander H. The mechanism of tooth mobility. *Journal of Periodontology* 1954; 25:128–132.
117. Grimm F M. Bone bending, a feature of orthodontic tooth movement. *American Journal of Orthodontics* 1972; 62 : 384 – 393.
118. Bassett C A L, Becker R O. Generation of electrical potentials in bone in response to mechanical stress. *Science* 1962;137:1063–1064.
119. Henneman S, Von den Hoff JW, Maltha JC. Mechanobiology of the tooth movement *European Journal of Orthodontics* 2008;30:299–306.
120. Davidovitch Z. Tooth movement. *Critical Reviews. Oral Biology and Medicine* 1991;2:411–450.
121. Yoshida N, Jost-Brinkmann P , Koga Y , Mimaki N , Kobayashi K. Experimental evaluation of initial tooth displacement, center of resistance, and center of rotation under the influence of an orthodontic force. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 2001;120:190–197.
122. Zaoui F. Light forces and orthodontic displacement: a critical review. *Int Orthod.* 2009 Mar;7(1):3-13.
123. Cattaneo PM, Dalstra M, Melsen B. Moment-to-force ratio, center of rotation, and force level: a finite element study predicting their interdependency for simulated orthodontic loading regimens. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008 May;133(5):681-9.
124. Rinchuse DJ, Busch LS, DiBagno D, Cozzani M. Extraction treatment, part 1: the extraction vs. non extraction debate. *J Clin Orthod.* 2014 Dec;48(12):753-60.
125. Kahl-Nieke B. The role of extraction in stability of orthodontic treatment. *J Orofac Orthop.* 1996 Oct;57(5):272-87.
126. Akinci Cansunar H, Uysal T. Comparison of orthodontic treatment outcomes in nonextraction, 2 maxillary premolar extraction, and 4 premolar extraction protocols with the American Board of Orthodontics objective grading system. Original Research Article. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 2014; Volume 145, Issue 5, Pages 595-602.

127. Meyer A, Woods M, Manton D. Maxillary arch width and buccal corridor changes with orthodontic treatment. Part 1: Differences between premolar extraction and nonextraction treatment outcomes. Original Research Article. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics 2014;(145) Issue 2:207-216.
128. Meyer A, Woods M, Manton D. Maxillary arch width and buccal corridor changes with orthodontic treatment. Part 2: Attractiveness of the frontal facial smile in extraction and nonextraction outcomes. Original Research Article. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics 2014;(145) Issue 3:296-304.
129. Roth R H. Functional occlusion for the orthodontist. J. Clin Orthod 1981;15(1):32-50.
130. Park J H, Tai K, Kanao A, Takagi M. Space closure in the maxillary posterior area through the maxillary sinus. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2014;145:95-102.
131. Lanucci JM, Jansen Howerton L. Radiografía dental. Principios y técnicas. 4 edición. Editorial Amolca. 2013. Caracas.
132. Jiang F, Liu S Y, Zeyang X, Chen J, Kula K, Eckert G. Hounsfield Unit Change in Root and Alveolar Bone during Canine Retraction. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2015 April ; 147(4): 445–453.
133. Andrews L F. "Straight-Wire, the Concept and Appliance. Six Keys to Normal (Optimal) Occlusion and the Straight-Wire Appliance". 1989. L.A. Weels Co. San Diego. California.
134. Jiang F, Xia Z, Li S, Eckert Chen G. Mechanical environment change in root, periodontal ligament, and alveolar bone in response to two canine retraction treatment strategies. Orthod Craniofac Res. 2015 April ; 18(0 1): 29–38.
135. Xia Z, Chen J, Jiang F, Li S, Vicilli RF, Liu SY. Load system of segmental T-loops for canine retraction. Am J Orthod Dentofac Orthop. 2013; 144:548–56.
136. Mustian WF. The floor of the maxillary sinus and its dental and nasal relation. J Am Dent Assoc 1933;20:2175-87.
137. Mc Growan DA, Baxter PW, James J. The maxillary sinus and its dental implications. Primera Edición. London. 1993. p. 1-25.

138. Boester C H, Johnston L E. A clinical investigation of the concepts of differential and optimal force in canine retraction. *Angle Orthodontist* 1974; 44:113-119.
139. Wehrbein H, Bauer W, Wessing G, Diedrich P. The effect of the maxillary sinus floor on orthodontic tooth movement. *Fortschr Keiferorthop* 1990;51:345-51.
140. Roberts WE, Huja S, Roberts JA. Bone modeling: biomechanics, molecular mechanisms, and clinical perspectives. *Semin Orthod* 2004;10:123-61.
141. Roberts WE. Bone physiology of tooth movement, ankylosis, and osseointegration. *Semin Orthod* 2000;6:173-82.
142. Reitan K. Influence of variation in bone type and character on tooth movement. *Eur Orthod Soc Trans* 1963;39:137-54.
143. Guo QY, Zhang SJ, Liu H, Wang CL, Wei FL, Lv T, Wang NN, Liu DX. Three-dimensional evaluation of upper anterior alveolar bone dehiscence after incisor retraction and intrusion in adult patients with bimaxillary protrusion malocclusion. *J Zhejiang Univ Sci B*. 2011 Dec;12(12):990-7.
144. Daimaruya T, Takahashi I, Nagasaka H, Umemori M, Sugawara J, Mitani H. Effect of maxillary molar intrusion on the nasal floor and tooth root using the skeletal anchorage system in dogs. *Angle Orthod* 2003;73:158-66.
145. Hemanth M, Raghuvver HP, Rani MS, Hegde C, Kabbur KJ, Chaithra D, Vedavathi B. An Analysis of the Stress induced in the Periodontal Ligament during Extrusion and Rotation Movements- Part II: A Comparison of Linear vs Nonlinear FEM Study. *J Contemp Dent Pract*. 2015 Oct 1;16(10):819-23.
146. Rody WJ Jr, King GJ, Gu G. Osteoclast recruitment to sites of compression in orthodontic tooth movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2001;120:477-489.
147. Vlaskalic V, Boyd RL, Baumrind S. Etiology and sequelae of root resorption. *Semin Orthod* 1998;4:124-31.
148. Jian H Y, Heng-L, Chien F, Jay W, Yu-Fen Li, Ming-Tzu Tsai, Jui-Ting Hsu. Does Orthodontic Treatment Affect the Alveolar Bone Density? *Medicine* 2016. Volume 95, March. Number 10.

149. Barbagallo LJ, Jones AS, Petocz P, Darendeliler MA. Physical properties of root cementum: part 10. Comparison of the effects of invisible removable thermoplastic appliances with light and heavy orthodontic forces on premolar cementum. A microcomputed-tomography study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2008; 133:218–27.
150. Auyeung L, Bouwsma OJ, Polson AM. Periodontal fiber attachment and apical root resorption. *Endod Dent Traumatol*. 1988; 4:219–25.
151. Sameshima GT, Sinclair PM. Predicting and preventing root resorption: Part II. Treatment factors. *American Journal of Orthodontics & Dentofacial Orthopedics*. 2001; 119:511–515.
152. Berglundh T, Marineno CP, Undhe J, Thilander B, Liljenberg B. Periodontal tissue reactions to orthodontic extrusion. An experimental study in the dog. *Journal of Clinical Periodontology*. 1991; 18:330-6.
153. Harris E; Baker W. Loss of root length and crestal bone height before and during treatment in adolescent and adult orthodontic patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1990;98:463-9.
154. Bassam H. Reliability of Periapical Radiographs and Orthopantomograms in Detection of Tooth Root Protrusion in the Maxillary Sinus: Correlation Results with Cone Beam Computed Tomography. *J Oral Maxillofac Res* 2010; Jan-Mar vol.1:1
155. Garib DG, Yatabe MS, Ozawa TO, Silva OG Filho. Alveolar bone morphology under the perspective of the computed tomography: Defining the biological limits of tooth movement. *Dental Press J Orthod* 2010;15(5):192-205.
156. Thailander B. Infrabony pockets and reduced alveolar bone height in relation to orthodontic therapy. *Semin. Orthod*. 1996., 2:55-61.
157. Chan EK, Darendeliler MA. Exploring the third dimension in root resorption. *Orthod Craniofac Res*. 2004; 7:64–70.
158. Hwang, C.J., Moon, J.L The limitation of alveolar bone remodeling during retraction of the upper anterior teeth. *Korean J. Orthod*. 2001 31(1):97-105.
159. Otis LL, Hong JSH, Tuncay OC. Bone structure effect on root resorption. *Orthod Craniofacial Res* 7, 2004/165–177.

160. Agarwal A, Mahajan S, Verma S, Bhardwa P, Sharma G. Evaluation of the Stress Induced in Tooth, Periodontal Ligament & Alveolar Bone with Varying Degrees of Bone Loss During Various Types of Orthodontic Tooth Movements. *J Clin Diagn Res.* 2016 Feb; 10(2): ZC46–ZC52.
161. Neugebauer J, Ritter L, Mischkowski RA, Dreiseidler T, Scherer P, Ketterle M, Rothamel D, Zöller JE. Evaluation of maxillary sinus anatomy by cone-beam CT prior to sinus floor elevation. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2010 Mar- Apr; 25(2): 258-65.
162. Pérez-Pérez A, Galbany J, Romero A, Martínez Lm, Estebaranz F, Pinilla B, Gamarra B. Origen y evolución de los dientes: de los cordados primitivos a los humanos modernos. *Rev. Esp. Antrop. Fís.* 2010 31: 167-192
163. Global human mandibular variation reflects differences in agricultural and hunter-gatherer subsistence strategies Noreen von Cramon-Taubadel1 Department of Anthropology, School of Anthropology and Conservation, University of Kent, Canterbury CT2 7NR, United Kingdom Edited by Timothy D. Weaver, University of California, Davis, CA, and accepted by the Editorial Board October 19, 2011 (received for review August 12, 2011)
164. Martínez-Almagro A, Calvo López MC, Monleón Verdés C, Martínez Pérez LM, Martínez Payá JJ, Palomino Cortés MA. Origen y evolución de la forma y la función del aparato dentario humano. En: Gaona C y Navas J. Los modelos alimentarios a debate: la interdisciplinariedad de la alimentación. Murcia: Fundación Universitaria San Antonio; 2003
165. Thilander B, Pena I, Infante C, Parada S, Mayorga C. Prevalence of maloclusión and orthodontic treatment need in children and adolescents in Bogotá, Colombia. An epidemiological study related to different stages of dental development. *Eu J Orthod* 2001; 23: 153-67.
166. Karaiskos N, Wiltshire W, Odlum O, Brothwell D, Hassard T. Preventive and Interceptive Orthodontic Treatment Needs of an Inner-City Group of 6- and 9-Year Old Canadian Children. *JCDA* 2005; 71(9): 649.
167. Alió JJ, Álvarez MC. Estudio epidemiológico de las maloclusiones y su relación con la clase social en una muestra de población española. *A.Odontoestomatol* 1999; 15:105-30.
168. Carol J, Álvarez M T. Epidemiología de las maloclusiones en la población escolar de Barcelona. *Rev Esp Ortodon* 1987; 28:17-26.

169. Muñoz Morente RJ, Ferrer-Molina M. Efectos de las extracciones de premolares en la anchura de arcada. *Revista Española de Ortodoncia*. 2004; 34 (3): 219-224.
170. Moyers RE. *Manual de ortodoncia*. 4ª edición. Editorial Médica Panamericana. Buenos Aires. 1992.
171. Basciftci F, Usumez S. Effects of extraction and nonextraction treatment on class I and class II subjects. *Angle Orthod*. 2003; 73 (1): 36-42.
172. Lopes Filho H, Maia LH, Lau TC, de Souza MM, Maia LC. Early vs late orthodontic treatment of tooth crowding by first premolar extraction: A systematic review. *Angle Orthod*. 2015 May;85(3):510-7.
173. Ruellas AC, Ruellas RM, Romano FL, Pithon MM, Santos RL. Tooth extraction in orthodontics: An evaluation of diagnostic elements. *Dent Press J Orthod*. 2010;15:134-57.
174. Anthopoulou C, Konstantonis D, Makou M. Treatment outcomes after extraction and nonextraction treatment evaluated with the American Board of Orthodontics objective grading system. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2014 Dec;146(6):717-23.
175. Maestre-Ferrín L, Galán-Gil S, Rubio-Serrano M, Peñarrocha-Diago M, Peñarrocha-Oltra D. Maxillary sinus septa: a systematic review. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2010 1;15:e383-6.
176. De Vos W, Casselman J, Swennen RJ. Cone-beam computerized tomography (CBCT) imaging of the oral and maxillofacial region: A systematic review of the literature. *Int. J. Oral Maxillofac Surg* 2009; 38: 609-25.
177. Angelopoulos C. Cone beam tomographic imaging anatomy of the maxillofacial region. *Dent Clin North Am*. 2008 Oct;52(4):731-52.
178. Yun-Hoa J, Bong-Hae C. Assessment of maxillary third molars with panoramic radiography and cone-beam computed tomography. *Imaging Science in Dentistry* 2015; 45: 233-40.
179. Shahbazian M, Vandewoude C, Wyatt J, Jacobs R. Comparative assessment of periapical radiography and CBCT imaging for radiodiagnostics in the posterior maxilla. *Odontology*. 2015 Jan;103(1):97-104.

180. Ludlow JB, Laster WS, See M, Bailey LJ, Hershey HG .Accuracy of measurements of mandibular anatomy in cone beam computed tomography images. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2007 Apr;103(4):534-42.
181. Mc Laughlin R, Bennet J.C, Trevisi H.J. *Mecánica sistematizada del tratamiento ortodóncico.* Elsevier España. Edición en español. 2002.
182. Mc Laughlin R, Bennet J.C.. *Fundamentos de la mecánica del tratamiento ortodóncico.* Editorial Atlantis.. Edición en español. 2015.
183. Ketcham A H. A preliminary report of an investigation of apical root resorption of permanent teeth. *International Journal of Orthodontics* 1927 ;13: 97–99.
184. Massler M, Malone A J.Root resorption in human permanent teeth: a roentgenographic study. *American Journal of Orthodontics* 1954 40: 619–633.
185. Linge L, Linge B O. Patient characteristics and treatment variables associated with apical root resorption during orthodontic treatment. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 1991 99: 35–43.
186. Kojima Y, Fukui H. Numeric simulations of en-masse space closure with sliding mechanics. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics.*2014;138(6):702.e1-.e6.
187. Motokawa M, Sasamoto T, Kaku M, Kawata T, Matsuda Y, Terao A and Tanne K. Association between root resorption incident to orthodontic treatment and treatment factors. *European Journal of Orthodontics* 34 2012 350–356.
188. Pizzo G, Licata ME, Guiglia R, Giuliana G. Root resorption and orthodontic treatment. Review of the literature. *Minerva Stomatol.* 2007 Jan-Feb;56(1-2):31-44
189. Kreich E, Chibinski A, Coelho U , Stadler Wambier L, Arruda Moura R, Leonelli de Moraes M, de Moraes L. A posteriori registration and subtraction of periapical radiographs for the evaluation of external apical root resorption after orthodontic treatment. *Imaging Science in Dentistry* 2016; 46: 17-24.

190. Mirabella A D, Årtun J. Risk factors for apical root resorption of maxillary anterior teeth in adult orthodontic patients. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 1995;108: 48–55.
191. Parker R J, Harris E F. Directions of orthodontic tooth movements associated with external apical root resorption of the maxillary central incisor. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 1998;114: 677–683.
192. Maeda Y, Kuroda S, Ganzorig K, Wazen R, Nanci A, Tanakae E. Histomorphometric analysis of overloading on palatal tooth movement into the maxillary sinus. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2015;148:423-30.
193. Fuhrmann RAW, Wehrbein H, Langen HJ, Diedrich PR. Assessment of the dentate alveolar process with high resolution computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol.* 1995;24:50–54.
194. Chung C, J, Choi Y, Ho Kim K. Approximation and contact of the maxillary central incisor roots with the incisive canal after maximum retraction with temporary anchorage devices: Report of 2 patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2015;148:493-502.
195. Mah, J.K., Huang, J.C., Choo, H., Practical applications of cone-beam computed tomography in orthodontics. *J. Am. Dent. Assoc.* 2010, 141(3):7-13.
196. Maki K, Inou N, Takanishi A, Miller AJ. Computer-assisted simulations in orthodontic diagnosis and the application of a new cone beam x-ray computed tomography. *Orthod Craniofac Res.* 2003;6(suppl 1):95–101.
197. Lagravere M, Carey J, Toogood R, Major P. Threedimensional accuracy of measurements made with software on cone-beam computed tomography images. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008;134:112–116.
198. Hassan B, Setelt P, Sanderink G. Accuracy of threedimensional measurements obtained from cone beam computed tomography surface-rendered images for cephalometric analysis: influence of patient scanning position. *Eur J Orthod.* 2008;23:1–6.
199. Kraus Collin D, Kraus, a Phillip M, Campbell, b Robert Spears, c Reginald W. Taylor, d and Peter H. Buschange. Bony adaptation after expansion with light-to-moderate continuous forces. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2014;145:655-66.

200. Shibli JA, Faveri M, Ferrari DS, Melo L, Garcia RV, D'Avila S, et al. Prevalence of maxillary sinus septa in 1024 subjects with edentulous upper jaws: a retrospective study. *J Oral Implantol* 2007;33: 293-6.
201. Saccucci M, Cipriani F, Carderi S, Di Carlo G, D'Attilio M, Rodolfino D, Festa F, Polimeni A. Gender assessment through three-dimensional analysis of maxillary sinuses by means of cone beam computed tomography. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 2015;19(2):185-9.
202. Lenza MG, Lenza MM, Dalstra M, Melsen B, Cattaneo PM. An analysis of different approaches to the assessment of upper airway morphology: a CBCT study. *Orthod Craniofac Res*. 2010 May;13(2):96-105.
203. Oktay H. Study of maxillary sinus areas in different malocclusions. *Am J Orthod*. 1992;102:143-5.
204. Orhan K, Kusakci Seker B, Aksoy S, Bayindir H, Berberoğlu A, Seker E. Cone beam CT evaluation of maxillary sinus septa prevalence, height, location and morphology in children and an adult population. *Med Princ Pract*. 2013;22(1):47-53.
205. Lorkiewicz-Muszynska D, Kociemba W, Rewekant A, Sroka A, Jonczyk-Potoczna K, Patelska-Banaszewska M, Przystanka A. Development of the maxillary sinus from birth to age 18. Postnatal growth pattern. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2015;79(9):1393-400.
206. Jun BC, Song SW, Park CS, Lee DH, Cho KJ. The analysis of maxillary sinus aeration according to aging process; volumen assesment by 3 dimensional reconstruction by high resolutional CT scanning. *Otolaryngol. Head Neck Surg*. 2005;132(3):429-34.
207. Ariji Y, Ariji E, Yoshiura K, Kanda S. Computed tomographic indices for maxillary sinus size in comparison with the sinus volume. *Dentomaxillofac Radiol*. 1996 Jan;25(1):19-24.
208. Ok E, Güngör E, Colak M, Altunsoy M, Nur BG, Ağlarci OS. Evaluation of the relationship between the maxillary posterior teeth and the sinus floor using cone-beam computed tomography. *Surg Radiol Anat*. 2014 Nov;36(9):907-14.
209. Didilescu A, Rusu M, Sandulescu M, Georgescu C, Ciuluvica R. Morphometric analysis of the relationships between the maxillary first molar and maxillary sinus floor. *OJST*. 2012;2:352-57.

210. Veyre-Goulet S, Fortin T, Thierry A. Accuracy of linear measurement provided by cone beam computed tomography to assess bone quantity in the posterior maxilla: a human cadaver study. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2008 Dec;10(4):226-30.
211. Arijji Y, Kuroki T, Moriguchi S, Arijji E, Kanda S. Age changes in the volume of the human maxillary sinus: a study using computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol*. 1994 Aug;23(3):163-8.
212. Sahlstrand-Johnson P, Jannert M, Strömbeck A, Abul-Kasim K. Computed tomography measurements of different dimensions of maxillary and frontal sinuses. *BMC Med Imaging*. 2011 Apr 5;11:8.
213. Sheats RD, McGorray SP, Musmar Q, Wheeler TT, King GJ. Prevalence of orthodontic asymmetries. *Semin Orthod*. 1998;4(3):138-45.
214. Roque Torres GD, Ramírez Sotelo LR, Almeida S, Bovi Ambrosano GM, Bóscolo N. 2D and 3D imaging of relationship between maxillary sinus and posterior teeth. *Braz.J.Oral.Sci*. 2015 Apr/Jun;2(4):200-19.
215. Oh H, Herchold K, Hannon S, Heetland K, Ashraf G, Nguyen V, Cho HJ. Orthodontic tooth movement through the maxillary sinus in an adult with multiple missing teeth. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2014 Oct;146(4):493-505.
216. Saglan M, Akman S, Maalkoc S, Hakki S. Modification of maxillary sinus floor with orthodontic treatment and implant therapy: a case letter. *J.Oral. Implant*. 2014;40(5):619-622.
217. Savi de Carvalho R, Consolaro A, Francischone CE, Macedo Carvalho AP. Sinus augmentation by orthodontic movement as an alternative to a surgical sinus lift: a clinical report. *J Prosthet Dent*. 2014 Oct;112(4):723-6.
218. Feller L, Khammissa RA, Thomadakis G, Fourie J, Lemmer J. Apical External Root Resorption and Repair in Orthodontic Tooth Movement: Biological Events. *Biomed Res Int*. 2016;2016:48:641-695.

Anexo 1. Declaración de Helsinki de la AMM.



Declaración de Helsinki de la AMM - Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos

Adoptada por la

18ª Asamblea Médica Mundial, Helsinki, Finlandia, junio 1964
y enmendada por la

29ª Asamblea Médica Mundial, Tokio, Japón, octubre 1975

35ª Asamblea Médica Mundial, Venecia, Italia, octubre 1983

41ª Asamblea Médica Mundial, Hong Kong, septiembre 1989

48ª Asamblea General Somerset West, Sudáfrica, octubre 1996

52ª Asamblea General, Edimburgo, Escocia, octubre 2000

Nota de Clarificación, agregada por la Asamblea General de la AMM, Washington 2002

Nota de Clarificación, agregada por la Asamblea General de la AMM, Tokio 2004

59ª Asamblea General, Seúl, Corea, octubre 2008

64ª Asamblea General, Fortaleza, Brasil, octubre 2013

Introducción

1. La Asociación Médica Mundial (AMM) ha promulgado la Declaración de Helsinki como una propuesta de principios éticos para investigación médica en seres humanos, incluida la investigación del material humano y de información identificables.

La Declaración debe ser considerada como un todo y un párrafo debe ser aplicado con consideración de todos los otros párrafos pertinentes.

2. Conforme al mandato de la AMM, la Declaración está destinada principalmente a los médicos. La AMM insta a otros involucrados en la investigación médica en seres humanos a adoptar estos principios.

Principios generales

3. La Declaración de Ginebra de la Asociación Médica Mundial vincula al médico con la fórmula "velar solícitamente y ante todo por la salud de mi paciente", y el Código Internacional de Etica Médica afirma que: "El médico debe considerar lo mejor para el paciente cuando preste atención médica".
4. El deber del médico es promover y velar por la salud, bienestar y derechos de los pacientes, incluidos los que participan en investigación médica. Los conocimientos y la conciencia del médico han de subordinarse al cumplimiento de ese deber.
5. El progreso de la medicina se basa en la investigación que, en último término, debe incluir estudios en seres humanos.
6. El propósito principal de la investigación médica en seres humanos es comprender las causas, evolución y efectos de las enfermedades y mejorar las intervenciones preventivas, diagnósticas y terapéuticas (métodos, procedimientos y tratamientos). Incluso, las mejores intervenciones probadas deben ser evaluadas continuamente a través de la investigación para que sean seguras, eficaces, efectivas, accesibles y de calidad.
7. La investigación médica está sujeta a normas éticas que sirven para promover y asegurar el respeto a todos los seres humanos y para proteger su salud y sus derechos individuales.
8. Aunque el objetivo principal de la investigación médica es generar nuevos conocimientos, este objetivo nunca debe tener primacía sobre los derechos y los intereses de la persona que participa en la investigación.
9. En la investigación médica, es deber del médico proteger la vida, la salud, la dignidad, la integridad, el derecho a la autodeterminación, la intimidad y la confidencialidad de la información personal de las personas que participan en investigación. La responsabilidad de la protección de las personas que toman parte en la investigación debe recaer siempre en un médico u otro profesional de la salud y nunca en los participantes en la investigación, aunque hayan otorgado su consentimiento.
10. Los médicos deben considerar las normas y estándares éticos, legales y jurídicos para la investigación en seres humanos en sus propios países, al igual que las normas y estándares internacionales vigentes. No se debe permitir que un requisito ético, legal o jurídico nacional o internacional disminuya o elimine cualquiera medida de protección para las personas que participan en la investigación establecida en esta

Declaración.

11. La investigación médica debe realizarse de manera que reduzca al mínimo el posible daño al medio ambiente.
12. La investigación médica en seres humanos debe ser llevada a cabo sólo por personas con la educación, formación y calificaciones científicas y éticas apropiadas. La investigación en pacientes o voluntarios sanos necesita la supervisión de un médico u otro profesional de la salud competente y calificado apropiadamente.
13. Los grupos que están subrepresentados en la investigación médica deben tener un acceso apropiado a la participación en la investigación.
14. El médico que combina la investigación médica con la atención médica debe involucrar a sus pacientes en la investigación sólo en la medida en que esto acredite un justificado valor potencial preventivo, diagnóstico o terapéutico y si el médico tiene buenas razones para creer que la participación en el estudio no afectará de manera adversa la salud de los pacientes que toman parte en la investigación.
15. Se debe asegurar compensación y tratamiento apropiados para las personas que son dañadas durante su participación en la investigación.

Riesgos, Costos y Beneficios

16. En la práctica de la medicina y de la investigación médica, la mayoría de las intervenciones implican algunos riesgos y costos.

La investigación médica en seres humanos sólo debe realizarse cuando la importancia de su objetivo es mayor que el riesgo y los costos para la persona que participa en la investigación.

17. Toda investigación médica en seres humanos debe ser precedido de una cuidadosa comparación de los riesgos y los costos para las personas y los grupos que participan en la investigación, en comparación con los beneficios previsibles para ellos y para otras personas o grupos afectados por la enfermedad que se investiga.

Se deben implementar medidas para reducir al mínimo los riesgos. Los riesgos deben ser monitoreados, evaluados y documentados continuamente por el investigador.

18. Los médicos no deben involucrarse en estudios de investigación en seres

humanos a menos de que estén seguros de que los riesgos han sido adecuadamente evaluados y de que es posible hacerles frente de manera satisfactoria.

Cuando los riesgos que implican son más importantes que los beneficios esperados o si existen pruebas concluyentes de resultados definitivos, los médicos deben evaluar si continúan, modifican o suspenden inmediatamente el estudio.

Grupos y personas vulnerables

19. Algunos grupos y personas sometidas a la investigación son particularmente vulnerables y pueden tener más posibilidades de sufrir abusos o daño adicional.

Todos los grupos y personas vulnerables deben recibir protección específica.

20. La investigación médica en un grupo vulnerable sólo se justifica si la investigación responde a las necesidades o prioridades de salud de este grupo y la investigación no puede realizarse en un grupo no vulnerable. Además, este grupo podrá beneficiarse de los conocimientos, prácticas o intervenciones derivadas de la investigación.

Requisitos científicos y protocolos de investigación

21. La investigación médica en seres humanos debe conformarse con los principios científicos generalmente aceptados y debe apoyarse en un profundo conocimiento de la bibliografía científica, en otras fuentes de información pertinentes, así como en experimentos de laboratorio correctamente realizados y en animales, cuando sea oportuno. Se debe cuidar también del bienestar de los animales utilizados en los experimentos.

22. El proyecto y el método de todo estudio en seres humanos deben describirse claramente y ser justificados en un protocolo de investigación.

El protocolo debe hacer referencia siempre a las consideraciones éticas que fueran del caso y debe indicar cómo se han considerado los principios enunciados en esta Declaración. El protocolo debe incluir información sobre financiamiento, patrocinadores, afiliaciones institucionales, posibles conflictos de interés e incentivos para las personas del estudio y la información sobre las estipulaciones para tratar o compensar a las personas que han sufrido daños como consecuencia de su participación en la investigación.

En los ensayos clínicos, el protocolo también debe describir los arreglos

apropiados para las estipulaciones después del ensayo.

Comités de ética de investigación

23. El protocolo de la investigación debe enviarse, para consideración, comentario, consejo y aprobación al comité de ética de investigación pertinente antes de comenzar el estudio. Este comité debe ser transparente en su funcionamiento, debe ser independiente del investigador, del patrocinador o de cualquier otro tipo de influencia indebida y debe estar debidamente calificado. El comité debe considerar las leyes y reglamentos vigentes en el país donde se realiza la investigación, como también las normas internacionales vigentes, pero no se debe permitir que éstas disminuyan o eliminen ninguna de las protecciones para las personas que participan en la investigación establecidas en esta Declaración.

El comité tiene el derecho de controlar los ensayos en curso. El investigador tiene la obligación de proporcionar información del control al comité, en especial sobre todo incidente adverso grave. No se debe hacer ninguna enmienda en el protocolo sin la consideración y aprobación del comité. Después que termine el estudio, los investigadores deben presentar un informe final al comité con un resumen de los resultados y conclusiones del estudio.

Privacidad y confidencialidad

24. Deben tomarse toda clase de precauciones para resguardar la intimidad de la persona que participa en la investigación y la confidencialidad de su información personal.

Consentimiento informado

25. La participación de personas capaces de dar su consentimiento informado en la investigación médica debe ser voluntaria. Aunque puede ser apropiado consultar a familiares o líderes de la comunidad, ninguna persona capaz de dar su consentimiento informado debe ser incluida en un estudio, a menos que ella acepte libremente.

26. En la investigación médica en seres humanos capaces de dar su consentimiento informado, cada participante potencial debe recibir información adecuada acerca de los objetivos, métodos, fuentes de financiamiento, posibles conflictos de intereses, afiliaciones institucionales del investigador, beneficios calculados, riesgos previsibles e incomodidades derivadas del experimento, estipulaciones post estudio y todo otro aspecto pertinente de la investigación. El

participante potencial debe ser informado del derecho de participar o no en la investigación y de retirar su consentimiento en cualquier momento, sin exponerse a represalias. Se debe prestar especial atención a las necesidades específicas de información de cada participante potencial, como también a los métodos utilizados para entregar la información.

Después de asegurarse de que el individuo ha comprendido la información, el médico u otra persona calificada apropiadamente debe pedir entonces, preferiblemente por escrito, el consentimiento informado y voluntario de la persona. Si el consentimiento no se puede otorgar por escrito, el proceso para lograrlo debe ser documentado y atestiguado formalmente.

Todas las personas que participan en la investigación médica deben tener la opción de ser informadas sobre los resultados generales del estudio.

27. Al pedir el consentimiento informado para la participación en la investigación, el médico debe poner especial cuidado cuando el participante potencial está vinculado con él por una relación de dependencia o si consiente bajo presión. En una situación así, el consentimiento informado debe ser pedido por una persona calificada adecuadamente y que nada tenga que ver con aquella relación.

28. Cuando el participante potencial sea incapaz de dar su consentimiento informado, el médico debe pedir el consentimiento informado del representante legal. Estas personas no deben ser incluidas en la investigación que no tenga posibilidades de beneficio para ellas, a menos que ésta tenga como objetivo promover la salud del grupo representado por el participante potencial y esta investigación no puede realizarse en personas capaces de dar su consentimiento informado y la investigación implica sólo un riesgo y costo mínimos.

29. Si un participante potencial que toma parte en la investigación considerado incapaz de dar su consentimiento informado es capaz de dar su asentimiento a participar o no en la investigación, el médico debe pedirlo, además del consentimiento del representante legal. El desacuerdo del participante potencial debe ser respetado.

30. La investigación en individuos que no son capaces física o mentalmente de otorgar consentimiento, por ejemplo los pacientes inconscientes, se puede realizar sólo si la condición física/mental que impide otorgar el consentimiento informado es una característica necesaria del grupo investigado. En estas circunstancias, el médico debe pedir el consentimiento informado al representante legal. Si dicho representante no está disponible y si no se puede retrasar la investigación, el estudio puede llevarse

a cabo sin consentimiento informado, siempre que las razones específicas para incluir a individuos con una enfermedad que no les permite otorgar consentimiento informado hayan sido estipuladas en el protocolo de la investigación y el estudio haya sido aprobado por un comité de ética de investigación. El consentimiento para mantenerse en la investigación debe obtenerse a la brevedad posible del individuo o de un representante legal.

31. El médico debe informar cabalmente al paciente los aspectos de la atención que tienen relación con la investigación. La negativa del paciente a participar en una investigación o su decisión de retirarse nunca debe afectar de manera adversa la relación médico-paciente.

32. Para la investigación médica en que se utilice material o datos humanos identificables, como la investigación sobre material o datos contenidos en biobancos o depósitos similares, el médico debe pedir el consentimiento informado para la recolección, almacenamiento y reutilización. Podrá haber situaciones excepcionales en las que será imposible o impracticable obtener el consentimiento para dicha investigación. En esta situación, la investigación sólo puede ser realizada después de ser considerada y aprobada por un comité de ética de investigación.

Uso del placebo

33. Los posibles beneficios, riesgos, costos y eficacia de toda intervención nueva deben ser evaluados mediante su comparación con las mejores intervenciones probadas, excepto en las siguientes circunstancias:

 Cuando no existe una intervención probada, el uso de un placebo, o ninguna intervención, es aceptable; o

 cuando por razones metodológicas científicamente sólidas y convincentes, sea necesario para determinar la eficacia y la seguridad de una intervención el uso de cualquier intervención menos eficaz que la mejor probada, el uso de un placebo o ninguna intervención.

 Los pacientes que reciben cualquier intervención menos eficaz que la mejor probada, el placebo o ninguna intervención, no correrán riesgos adicionales de daño grave o irreversible como consecuencia de no recibir la mejor intervención probada.

 Se debe tener muchísimo cuidado para evitar abusar de esta opción.

Estipulaciones post ensayo

34. Antes del ensayo clínico, los auspiciadores, investigadores y los gobiernos de los países anfitriones deben prever el acceso post ensayo a todos los participantes que todavía necesitan una intervención que ha sido identificada como beneficiosa en el ensayo. Esta información también se debe proporcionar a los participantes durante el proceso del consentimiento informado.

Inscripción y publicación de la investigación y difusión de resultados

35. Todo estudio de investigación con seres humanos debe ser inscrito en una base de datos disponible al público antes de aceptar a la primera persona.

36. Los investigadores, autores, auspiciadores, directores y editores todos tienen obligaciones éticas con respecto a la publicación y difusión de los resultados de su investigación. Los investigadores tienen el deber de tener a la disposición del público los resultados de su investigación en seres humanos y son responsables de la integridad y exactitud de sus informes. Todas las partes deben aceptar las normas éticas de entrega de información. Se deben publicar tanto los resultados negativos e inconclusos como los positivos o de lo contrario deben estar a la disposición del público. En la publicación se debe citar la fuente de financiamiento, afiliaciones institucionales y conflictos de intereses. Los informes sobre investigaciones que no se ciñan a los principios descritos en esta Declaración no deben ser aceptados para su publicación.

Intervenciones no probadas en la práctica clínica

37. Cuando en la atención de un enfermo las intervenciones probadas no existen u otras intervenciones conocidas han resultado ineficaces, el médico, después de pedir consejo de experto, con el consentimiento informado del paciente o de un representante legal autorizado, puede permitirse usar intervenciones no comprobadas, si, a su juicio, ello da alguna esperanza de salvar la vida, restituir la salud o aliviar el sufrimiento. Tales intervenciones deben ser investigadas posteriormente a fin de evaluar su seguridad y eficacia. En todos los casos, esa información nueva debe ser registrada y, cuando sea oportuno, puesta a disposición del público.

****Los párrafos 26, 27, 28 y 29 han sido revisados editorialmente por el Secretariado de la AMM el 5 de mayo de 2015.***

