

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

FACULTAD DE MEDICINA

DEPARTAMENTO DE CIRUGÍA



TESIS DOCTORAL

**EVALUACIÓN DE LA ANATOMÍA INTERNA DEL
PRIMER MOLAR MANDIBULAR MEDIANTE
DISTINTAS TÉCNICAS. ANÁLISIS DESCRIPTIVO
Y REPERCUSIONES CLÍNICAS. VALORACIÓN DE
LA UTILIDAD Y CAPACIDAD DIAGNÓSTICA DE
NUEVAS TECNOLOGÍAS**

ÓLIVER VALENCIA DE PABLO

2012

Prof. Dr. D. Clemente Muriel Villoria, Director del Departamento de Cirugía.

Facultad de Medicina. Universidad de Salamanca.

CERTIFICA:

Que la presente Tesis Doctoral, titulada “**Evaluación de la anatomía interna del primer molar mandibular mediante distintas técnicas. Análisis descriptivo y repercusiones clínicas. Valoración de la utilidad y capacidad diagnóstica de nuevas tecnologías**”, ha sido realizada por D. Óliver Valencia de Pablo, para optar al grado de Doctor por la Universidad de Salamanca, cumpliendo todos los requisitos necesarios para su presentación y defensa ante el Tribunal Calificador.

Y para que así conste y obre los efectos oportunos, expido el presente certificado en Salamanca, a veinte de enero de dos mil doce.

Fdo.: Prof. Dr. D. Clemente Muriel Villoria.

Director del Departamento de Cirugía.

MANUEL PÉIX SÁNCHEZ, Doctor en Medicina y Cirugía, Profesor de Patología y Terapéutica Dental, perteneciente al Departamento de Cirugía de la Universidad de Salamanca, y M^a TERESA PÉREZ ZABALLOS, Doctora en Medicina y Cirugía, Profesora de Anatomía Humana, perteneciente al Departamento de Anatomía e Histología Humanas de la Universidad de Salamanca,

CERTIFICAN:

Que el trabajo experimental realizado como trabajo de Tesis Doctoral titulado:

“EVALUACIÓN DE LA ANATOMÍA INTERNA DEL PRIMER MOLAR MANDIBULAR MEDIANTE DISTINTAS TÉCNICAS. ANÁLISIS DESCRIPTIVO Y REPERCUSIONES CLÍNICAS. VALORACIÓN DE LA UTILIDAD Y CAPACIDAD DIAGNÓSTICA DE NUEVAS TECNOLOGÍAS”

Ha sido realizado por el Licenciado Óliver Valencia de Pablo en el Departamento de Cirugía de la Facultad de Medicina de la Universidad de Salamanca.

Y, para que así conste, firman el presente en Salamanca, a 20 de enero de 2012.

Prof. Dr. Manuel Péix Sánchez

Prof. Dra. María Teresa Pérez Zaballos

A mis padres, por conseguir levantar los obstáculos contra los que ellos chocaron y luchar siempre por nuestra felicidad. A mi mujer, y mejor amiga, por complementar mis carencias y llenar la vida de alegría. A Simona, por razones que no se explican con palabras.

A mis directores de tesis, Maite y Manolo, por todo el tiempo que les he privado de estar con sus familias. Gracias a vuestros consejos y correcciones, este trabajo ha sido posible.

A mi suegro, por haber llegado a lo más alto de su carrera profesional, suponiendo un referente constante para mí, y siendo, ante todo, una buena persona.

A Antonio, por abrirme las puertas de su consulta nada más terminar la carrera y esforzarse en transmitirme sus conocimientos.

Al Dr. Botella, por introducirme en el camino de la excelencia en odontología y luchar siempre por el mejor resultado posible. “Con composite y paciencia, no hay nada que nos detenga”.

A Rafa, por abrirme los ojos a la Endodoncia, una especialidad capaz de absorber a todos los que se se introducen en ella.

A Roberto, por ese espíritu investigador incansable.

A todos los compañeros del Máster de Endodoncia, una gran familia en aumento.

A los Dres. González-Baquero, por dejarme compartir su día a día y apostar siempre por la calidad de los tratamientos.

Al Dr. Jose María Abadal, por prestarme sus instalaciones e instruirme en el manejo de las imágenes tridimensionales.

A Lourdes (las dos), María, Guillermo, Paula, Maribel, Javier, Jesús y demás familia, quienes desde el primer día me permitieron entrar en sus vidas y disfrutar el placer de compartirlas.

A mis hermanos y mi segunda madre, por cuidarme de pequeño, servirme de ejemplo y dejarme formar parte de vuestro mundo.

A mi padre, por salirse del camino impuesto y labrar uno propio.

A mi madre, porque no hay mejor persona. Gracias por vuestro apoyo incondicional.

A Cris, por entrar en mi vida.

A todos aquellos que valoran la realización de una tesis doctoral sobre anatomía dental.

ÍNDICE

1. JUSTIFICACIÓN.....	15
1.1. Interés del estudio.....	17
1.2. Objetivos.....	20
1.3. Plan de trabajo.....	20
2. INTRODUCCIÓN.....	23
2.1. Morfología radicular. Revisión bibliográfica.....	30
2.1.1. Número de raíces.....	49
2.1.2. Características de la raíz accesoria.....	53
2.2. Sistema radicular de conductos.....	66
2.3. Raíz mesial.....	68
2.3.1. Morfología de conductos.....	69
2.3.2. Conducto mesio-central.....	78
2.4. Raíz distal.....	88
2.5. Comunicaciones interconductos – istmos.....	97
2.6. Conductos laterales y furcales.....	102
2.7. Relación con la anatomía oclusal.....	108
2.8. Otras anomalías.....	109
3. MATERIAL Y MÉTODOS.....	115
3.1. Análisis “in vitro”.....	117
3.1.1. Muestra.....	117
3.1.2. CBCT.....	117
3.1.2.1. Descripción del análisis con CBCT.....	118
3.1.2.2. Recogida de datos.....	119
3.1.3. Estudio radiográfico digital.....	121
3.1.3.1. Muestra.....	121
3.1.3.2. Metodología.....	121
3.1.3.3. Recogida de datos.....	121
3.1.4. Apertura cameral y localización de conductos.....	122
3.1.4.1. Muestra.....	122
3.1.4.2. Secuencia de trabajo.....	122
3.1.4.3. Análisis estadístico.....	124

3.1.5. Diafanización.....	125
3.1.5.1. Muestra.....	125
3.1.5.2. Técnica de diafanización.....	125
3.1.5.3. Recogida de datos.....	126
3.1.6. Análisis estadístico.....	126
3.2. Estudio “in vivo”.....	127
3.2.1. Muestra.....	127
3.2.2. Protocolo clínico.....	128
3.2.3. Protocolo radiográfico.....	130
3.2.4. Observación y evaluación de las radiografías.....	131
3.2.5. Análisis estadístico.....	132
4. RESULTADOS.....	135
4.1. Obtenidos mediante CBCT.....	137
4.1.1. Número de conductos.....	138
4.1.2. Configuración de conductos en la raíz mesial.....	139
4.1.3. Configuración de conductos en la raíz distal.....	140
4.2. Obtenidos mediante radiología digital.....	141
4.2.1. Número de conductos.....	142
4.2.2. Configuración de conductos en la raíz mesial.....	143
4.2.3. Configuración de conductos en la raíz distal.....	145
4.3. Conductos localizados “in vitro” durante las aperturas camerales.....	147
4.3.1. Número de conductos localizados en las distintas fases.....	148
4.3.2. Número total de conductos localizados en cada raíz.....	148
4.3.3. Número total de conductos localizados en cada molar.....	148
4.4. Obtenidos mediante diafanización.....	150
4.4.1. Número de conductos.....	151
4.4.2. Configuración de conductos en la raíz mesial.....	152
4.4.3. Configuración de conductos en la raíz distal.....	154
4.5. Configuración de conductos “in vivo”.....	157
4.5.1. Número de conductos localizados.....	158
4.5.2. Configuración de conductos en la raíz mesial.....	159
4.5.3. Configuración de conductos en la raíz distal.....	160
4.6. Paralelismo in vitro – in vivo.....	161
4.6.1. Comparación entre CBCT y datos in vivo en la raíz mesial.....	161
4.6.2. Comparación entre CBCT y datos in vivo en la raíz distal	162

4.6.3. Comparación entre diafanización y datos in vivo en la raíz mesial.....	163
4.6.4. Comparación entre diafanización y datos in vivo en la raíz distal.....	164
4.7. Resultados del análisis estadístico.....	165
4.7.1. Comparación entre las técnicas in vitro.....	165
4.7.2. Análisis de las diversas metodologías durante las aperturas.....	166
4.7.3. Comparación de CBCT y diafanización con datos in vivo.....	167
4.7.4. Paralelismo estudio in vitro - in vivo.....	167
5. DISCUSIÓN.....	169
5.1. Metodología.....	171
5.2. Anatomía del sistema de conductos.....	180
5.3. Uso de ultrasonidos y magnificación en las aperturas in vitro.....	191
5.4. Paralelismo estudios in vitro – in vivo.....	193
5.5. Repercusión clínica de los resultados.....	195
6. CONCLUSIONES.....	197
7. BIBLIOGRAFÍA.....	201
8. ANEXO.....	229
8.1. Documentación estadística.....	231
8.1.1. Comparación entre las técnicas in vitro.....	231
8.1.2. Análisis de las diversas metodologías durante las aperturas.....	248
8.1.3. Comparación de CBCT y diafanización con datos in vivo.....	254
8.1.4. Paralelismo estudio in vitro - in vivo.....	266

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Número de raíces en el primer molar inferior.....	36
Tabla 2. Número de conductos en el primer molar inferior.....	38
Tabla 3. Número de conductos en la raíz mesial.....	39
Tabla 4. a) Raíz mesial: configuración del sistema de conductos. Tipos de Vertucci.....	40
Tabla 4. b) Raíz mesial: configuración del sistema de conductos. Forámenes apicales.....	41
Tabla 5. Variaciones anatómicas de las raíces mesiales con 3 conductos.....	42
Tabla 6. a) Raíz distal: configuración del sistema de conductos. Tipos de Vertucci.....	43
Tabla 6. b) Raíz distal: configuración del sistema de conductos. Forámenes apicales.....	44
Tabla 7. Comunicaciones entre conductos. Istmos tipo V.....	45
Tabla 8. Configuración del sistema de conductos en la raíz accesoria.....	46
Tabla 9. Casos clínicos sobre anomalías anatómicas en el M1 inferior.....	47
Tabla 10. Distribución de las raíces entomolares de acuerdo al tipo de molar inferior y al tipo de variante.....	54
Tabla 11. Distribución de las raíces paramolares de acuerdo al tipo de molar inferior y al tipo de variante.....	55
Tabla 12. Tamaño del foramen fisiológico en base a la presencia de 1 ó 2 forámenes apicales en las raíces mesiales de los M1 inferiores.....	76
Tabla 13. Prevalencia del tercer conducto en la raíz distal.....	92
Tabla 14. Tamaño del foramen fisiológico en base a la presencia de 1 ó 2 forámenes apicales en las raíces distales de los M1 inferiores.....	96
Tabla 15. Conductos laterales en los M1 inferiores.....	104
Tabla 16. Especificaciones técnicas del i-CAT.....	119
Tabla 17. Número de conductos de los M1 inferiores estudiados mediante CBCT.....	138
Tabla 18. Configuraciones de conductos en la raíz mesial obtenidas mediante CBCT.....	139
Tabla 19. Configuraciones de conductos en la raíz distal obtenidas mediante CBCT.....	140

Tabla 20. Número de conductos de los M1 inferiores estudiados mediante radiografías in vitro.....	142
Tabla 21. Configuraciones de conductos en la raíz mesial obtenidas mediante radiografías in vitro.....	143
Tabla 22. Configuraciones de conductos en la raíz distal obtenidas mediante radiografías in vitro.....	145
Tabla 23. Número de conductos localizados durante las aperturas camerales...	148
Tabla 24. Número de conductos localizados en cada raíz con ultrasonidos y microscopio.....	148
Tabla 25. Número total de conductos localizados en los M1 inferiores con ultrasonidos y microscopio.....	148
Tabla 26. Número de conductos de los M1 inferiores estudiados mediante diafanización.....	151
Tabla 27. Configuraciones de conductos en la raíz mesial obtenidas mediante diafanización.....	152
Tabla 28. Configuraciones de conductos en la raíz distal obtenidas mediante diafanización.....	154
Tabla 29. In vivo. Número de conductos de los M1 inferiores estudiados mediante radiografías clínicas.....	158
Tabla 30. In vivo. Configuración de conductos en la raíz mesial mediante radiografías clínicas.....	159
Tabla 31. In vivo. Configuración de conductos en la raíz distal mediante radiografías clínicas.....	160
Tabla 32. Paralelismo entre el estudio in vitro con CBCT y el estudio in vivo, en la raíz mesial.....	161
Tabla 33. Paralelismo entre el estudio in vitro con CBCT y estudio in vivo, en la raíz distal.....	162
Tabla 34. Paralelismo entre el estudio in vitro con diafanización y el estudio in vivo, en la raíz mesial.....	163
Tabla 35. Paralelismo entre el estudio in vitro con diafanización y el estudio in vivo, en la raíz distal.....	164

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Imágenes de la morfología externa del primer molar inferior derecho desde distintas perspectivas.....	28
Figura 2. Secciones en los tres ejes del espacio, ilustrando la morfología interna de un primer molar inferior derecho.....	29
Figura 3. Sistema de análisis tridimensional empleado por la CBCT.....	31
Figura 4. Configuraciones en las raíces del primer molar permanente inferior publicadas en la literatura.....	34
Figura 5. Incidencia de la tercera raíz en el M1 inferior en la población mundial.....	49
Figura 6. Relaciones entre la incidencia de raíz distolingual en M1 inferiores temporales y permanentes.....	53
Figura 7. Tipos de curvatura de la raíz accesoria.....	56
Figura 8. Clasificación de la curvatura de las raíces accesorias en el M1 inferior.....	56
Figura 9. Ejemplos de raíces accesorias mostrando no sólo curvaturas hacia vestibular, sino también en sentido mesio-distal.....	57
Figura 10. Secciones transversales de un M1 inferior con tres raíces.....	57
Figura 11. Clasificación de la raíz DL según sus características morfológicas....	58
Figura 12. Modificación de la apertura para la localización del orificio de entrada a raíz DL.....	61
Figura 13. Medición del ángulo de curvatura en raíces DL.....	62
Figura 14. Imágenes de un M1 inferior con tres raíces, extraído a causa de un error iatrogénico durante la instrumentación de la raíz DL.....	63
Figura 15. Radiografía de un M1 inferior derecho con tres raíces.....	64
Figura 16. Secuencia radiográfica del tratamiento endodóntico de un M1 inferior con tres raíces.....	65
Figura 17. Fotografías de un M1 inferior desde varias proyecciones.....	68
Figura 18. M1 inferior de una paciente joven con 1 sólo conducto en la raíz mesial.....	70
Figura 19. Demostración de la confluencia de los conductos en la raíz M de un M1 inferior.....	73

Figura 20. Tipos de curvaturas en la raíz mesial de un M1 inferior.....	75
Figura 21. Imagen ilustrativa de las distintas partes anatómicas del ápice radicular.....	21
Figura 22. Retratamiento endodóntico de un M1 inferior con una periodontitis apical crónica en la raíz mesial.....	80
Figura 23. Caso clínico de un M1 inferior con cinco conductos.....	82
Figura 24. Secuencia de búsqueda del conducto mesiocentral durante un retratamiento endodóntico.....	84
Figura 25. Secuencia rutinaria de búsqueda del conducto mesiocentral.....	85
Figura 26. Secuencia de tratamiento de un M1 inferior izquierdo con cinco conductos.....	86
Figura 27. Raíces distales de M1 inferiores con un conducto.....	89
Figura 28. Raíces distales de M1 inferiores con dos conductos.....	90
Figura 29. M1 inferior con tres conductos en la raíz distal.....	91
Figura 30. Modificación de la apertura de un M1 inferior para localizar un segundo conducto distal.....	94
Figura 31. M1 inferiores con dos raíces distales.....	95
Figura 32. Clasificación de los tipos de istmo según Hsu y Kim (1997).....	98
Figura 33. Imágenes (30x) de istmos en raíces mesiales con dos conductos.....	99
Figura 34. Istmo tipo V en una raíz mesial de un M1 inferior.....	99
Figura 35. Limpieza de istmos con irrigación ultrasónica.....	101
Figura 36. Conductos laterales y furcales en M1 inferiores.....	105
Figura 37. Espesores de dentina uniformes rodeando la cámara pulpar a nivel del límite amelocementario.....	108
Figura 38. Dislaceración.....	110
Figura 39. Taurodontismo.....	111
Figura 40. Molares inferiores con diferentes grados de taurodontismo.....	112
Figura 41. Tipos de taurodontismo en función del grado de desplazamiento apical del suelo de la cámara pulpar.....	112
Figura 42. Fusión de un M1 inferior con un 2º premolar.....	113
Figura 43. Imágenes del i-CAT.....	118
Figura 44. Pantalla del ordenador, evaluando la raíz mesial de una de las muestras.....	120
Figura 45. Dispositivo utilizado para determinar el ángulo de las radiografías....	122
Figura 46. Secuencia clínica de instrumentación in vivo.....	129
Figura 47. Metodología para fotografiar las radiografías de cada tratamiento.....	131

Figura 48. Secciones axiales según el número de conductos en los M1 inferiores obtenidas mediante CBCT.....	138
Figura 49. Diferentes configuraciones en la raíz mesial obtenidas mediante CBCT.....	139
Figura 50. Diferentes configuraciones en la raíz distal obtenidas mediante CBCT.....	140
Figura 51. Radiografías según el número de conductos en los M1 inferiores.....	142
Figura 52. Diferentes configuraciones en la raíz mesial obtenidas mediante radiología digital.....	143
Figura 53. Imágenes de raíces mesiales con complejos sistemas de conductos obtenidas mediante radiología digital.....	144
Figura 54. Diferentes configuraciones en la raíz distal obtenidas mediante radiología digital.....	145
Figura 55. Imágenes de raíces distales con complejos sistemas de conductos obtenidas mediante radiología digital.....	146
Figura 56. Fotografías de raíces mesiales de M1 inferiores diafanizadas, agrupadas según el número de conductos de cada molar.....	151
Figura 57. Fotografías de las diferentes configuraciones obtenidas en la raíz mesial mediante diafanización.....	152
Figura 58. Fotografías de raíces mesiales diafanizadas.....	153
Figura 59. Fotografías de las diferentes configuraciones obtenidas en la raíz distal mediante diafanización.....	154
Figura 60. Fotografías de raíces distales diafanizadas.....	155
Figura 61. Radiografías de M1 inferiores in vivo, ilustrando las diferentes categorías de número de conductos presentes.....	158
Figura 62. Diferentes configuraciones encontradas in vivo en la raíz mesial mediante radiografías clínicas.....	159
Figura 63. Diferentes configuraciones encontradas in vivo en la raíz distal mediante radiografías clínicas.....	160

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Número de conductos localizados durante las aperturas in vitro con diversas metodologías.....	149
Gráfico 2. Raíces mesiales y distales agrupadas según el número de conductos localizados en ellas.....	149
Gráfico 3. Número de conductos obtenidos in vitro mediante CBCT.....	156
Gráfico 4. Número de conductos obtenidos in vitro mediante diafanización.....	156

1. JUSTIFICACIÓN

1.1. Interés del estudio.

La endodoncia es el campo de la odontología que estudia la morfología de la cavidad pulpar, la fisiología y patología de la pulpa dental, así como la prevención y el tratamiento de las alteraciones pulpares y sus repercusiones sobre los tejidos periapicales (Soares y Goldberg 2002).

Los últimos años han sido testigos de varios cambios en el mundo de la endodoncia. Se han desarrollado nuevas tecnologías, instrumentos y materiales, dando como resultado un mejor diagnóstico y un tratamiento endodóntico más fiable. Entre ellos, el microscopio operatorio, la radiografía digital, la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT), los instrumentos rotatorios de níquel-titanio, los instrumentos sónicos y ultrasónicos y los nuevos sistema de irrigación. El desarrollo de materiales biocompatibles para el sellado y la reparación, como el MTA, ha permitido terapias más conservadoras. También la microcirugía endodóntica ha evolucionado de manera significativa y se ha convertido en un tratamiento predecible. Sin embargo, a pesar de todas estas mejoras, el porcentaje de éxito de la endodoncia no quirúrgica, no ha aumentado significativamente (Friedman y cols. 2003, Farzaneh y cols. 2004a, Farzaneh y cols. 2004b, Wang y cols. 2004, Marquis y cols. 2006, De Chevigny y cols. 2008a, De Chevigny y cols. 2008b, Barone y cols. 2010). Probablemente se debe a dos factores importantes directamente relacionados con el pronóstico: a la erradicación de los microorganismos y a la dificultad en el acceso a toda la anatomía del sistema de conductos donde podrían estar acantonados.

Es innegable que el avance tecnológico nos ha facilitado las diversas fases del tratamiento endodóntico, pero hay un campo que ha permanecido invariable con el paso de los años: la anatomía del sistema radicular de conductos. Si observamos libros antiguos, veremos capítulos que hoy en día carecen de interés o se reservan para los apartados de historia, pero siempre encontraremos uno dedicado a la anatomía. El estudio de Hess (1921) marcó el comienzo de las publicaciones sobre la morfología de los conductos y el hecho de que sus datos muestren menor número de conductos con respecto a los datos actuales, no refleja un cambio en la anatomía, sino una mejora significativa en las técnicas de estudio. Si analizamos la literatura reciente, encontraremos numerosos artículos dedicados a mostrar la complejidad del sistema radicular de conductos. A pesar de los diversos resultados, todos ellos coinciden en la siguiente afirmación: “para obtener el éxito en la terapéutica endodóntica, es esencial

disponer de un amplio conocimiento práctico sobre la anatomía dental y coronal, junto a una apreciación tridimensional del espacio pulpar”.

El objetivo principal del tratamiento de conductos es la rigurosa limpieza mecánica y química de la totalidad de la cavidad pulpar, su obturación tridimensional con un material de relleno inerte y una reconstrucción coronal que prevenga el ingreso de microorganismos. Los microorganismos son el factor etiológico más importante de la patología pulpar y periapical y su erradicación del sistema de conductos, junto a un sellado hermético, conducirán al éxito (Schilder 1967, 1974). La principal causa de fracaso en este tratamiento se debe a la incompleta remoción del tejido pulpar del sistema de conductos radiculares. La infección, que puede ya existir, o puede aparecer a posteriori en el tejido remanente, es el factor desencadenante (Fabra Campos 1989).

La mayoría de los conductos radiculares que pasan inadvertidos, coinciden con variantes anatómicas o con conductos adicionales (Segura-Egea y cols. 2002). La falta de conocimiento de la anatomía de los conductos radiculares, ha sido definida como una de las causas más frecuentes de fracaso endodóntico (Pineda y Kuttler 1972)

La terapéutica endodóntica es, en esencia, un procedimiento quirúrgico; por tanto, debe ir precedido de un exhaustivo conocimiento de la morfología tanto de la cámara pulpar como del sistema de conductos radiculares. Como señalaron Krasner y Rankow (2004), realizar un tratamiento de conductos sin una detallada descripción anatómica podría ser el equivalente a un médico buscando un apéndice sin haber leído nunca un libro sobre anatomía. El estudio de la morfología de los conductos radiculares, dentro de la anatomía humana, fue definido por Gulabivala como cautivador y el más difícil de clasificar. La relativa simplicidad y uniformidad de las superficies externas con frecuencia enmascara su complejidad interna (Gulabivala y cols. 2001).

En el trabajo realizado por Wada y cols. (1998), se evaluaron los ápices radiculares de dientes que no habían respondido a la terapia de conductos y observaron que en el 70% había ramificaciones del conducto principal. Esta importante incidencia indica una estrecha relación entre las complejidades anatómicas del sistema de conductos y la persistencia de patología periapical (Vertucci y cols. 2008).

Varios autores han resaltado la importancia del primer molar permanente inferior (**M1 inferior**) ya que es la piedra angular de la arcada dental (Melsen y Terp 1982, Misch 1999, Okeson 2003); mantiene una adecuada relación maxilo-mandibular y preserva de manera correcta las posiciones mesiodistales y superoinferiores de los dientes adyacentes y opuestos a él. La pérdida de este diente, especialmente a una edad temprana, lleva a una mutilación permanente del aparato masticatorio (Cranin y Cranin 1957).

El primer molar mandibular es el diente sometido al tratamiento endodóntico con más frecuencia (Iqbal y cols. 2008a, b, Wayman y cols. 1994, Zaatar y cols. 1997). Su forma irregular y las curvaturas adicionales no visibles radiográficamente hacen que su dificultad sea máxima. Cunningham y Senia (1992) apuntaron que la terapéutica exitosa en los molares mandibulares requiere un considerable conocimiento de la curvatura de los conductos. No hay un método de instrumentación ni de obturación único para todos los casos. El endodoncista debe ser capaz de anticiparse a la morfología de los conductos y seleccionar la modalidad de tratamiento más adecuada.

La raíz mesial del primer molar mandibular, ancha y acintada, suele albergar dos conductos principales; no obstante, dentro de sus particularidades anatómicas, debemos destacar la posibilidad de encontrar tres conductos. En 1974, Vertucci y Williams, así como Barker y cols. (1974) describieron la presencia de un tercer conducto mesial independiente. Fabra Campos (1989) lo llamó conducto intermedio.

En la raíz distal clásicamente se define un único conducto, pero numerosos estudios recientes muestran que la frecuencia de dos o más conductos no es despreciable. Por supuesto, como en toda raíz con más de un conducto principal en su interior, no debemos olvidar la presencia de posibles intercomunicaciones entre ellos y la existencia de istmos. Asimismo, la presencia de tres raíces, en vez de dos, en función de la etnia a tratar, puede llegar incluso a considerarse como una variante anatómica normal.

En el estudio realizado por Swartz y cols. (1983) sobre 1007 dientes endodonciados el porcentaje de éxito del tratamiento de conductos fue del 87.8%. Sin embargo, el primer molar inferior mostró una significativamente menor tasa de éxito que el resto de las piezas del 81.5%. Por lo tanto, es esencial un profundo conocimiento de la anatomía para minimizar el fracaso en el tratamiento de conductos realizados en el primer molar mandibular (Maggiore y cols. 1998, Chen y cols. 2009).

En conjunto, todo ello nos lleva a centrar nuestra atención en el sistema de conductos radicular del primer molar permanente inferior, y justifica la realización de un estudio al respecto.

1.2. Objetivos.

El objetivo principal de este trabajo es estudiar la morfología del sistema de conductos en las raíces del primer molar permanente inferior, con el fin de valorar las complejidades morfológicas del interior radicular y trasladar los datos al terreno clínico para facilitar y mejorar su tratamiento, incrementando el porcentaje de éxito y el pronóstico del mismo.

Para alcanzar este objetivo nos planteamos:

- Evaluar in vitro la configuración del sistema de conductos mediante el uso de diversas metodologías.
- Analizar in vivo el número de conductos localizados durante el tratamiento endodóntico del primer molar inferior y las configuraciones de los mismos.
- Comparar los resultados de ambas líneas de investigación.
- Determinar las diversas configuraciones anatómicas para facilitar la localización de los conductos y su instrumentación, mejorando el pronóstico del tratamiento endodóntico en este molar.
- Establecer unas pautas diagnósticas adecuadas para el estudio anatómico del sistema de conductos del primer molar inferior.

1.3. Plan de trabajo.

En el estudio previo de la literatura hemos encontrado revisiones bibliográficas sobre la anatomía del primer molar maxilar y del primer y segundo premolares mandibulares (Cleghorn y cols. 2007a, b, Cleghorn y cols. 2006). Sin embargo no

existe una publicación que analice de forma exhaustiva la información sobre el primer molar mandibular. Por ello, nuestro primer paso fue recopilar la literatura disponible y revisarla detalladamente.

A continuación, reunir una muestra de molares extraídos y evaluar in vitro la configuración del sistema de conductos mediante el uso de una técnica de imagen tridimensional: la Tomografía Computarizada de Haz de Rayos (CBCT, abreviatura del nombre original en inglés “Cone Beam Computed Tomography”).

Realizar un estudio radiográfico de la misma muestra, para valorar las diferencias entre las técnicas de imagen bidimensionales y tridimensionales.

Contabilizar el número de conductos encontrados durante la apertura endodóntica de estos molares y determinar la influencia del uso de ultrasonidos y magnificación en su localización.

Estudiar la configuración del sistema de conductos de la misma muestra mediante diafanización para comparar los resultados con la CBCT.

De forma paralela, desarrollar un estudio prospectivo in vivo, para analizar el número de conductos y sus configuraciones en los tratamientos endodónticos realizados en clínica en primeros molares inferiores.

Comparar los datos obtenidos in vitro e in vivo con el fin de determinar las configuraciones anatómicas existentes y establecer pautas de tratamiento capaces de abordarlas.

2. INTRODUCCIÓN

El primer molar inferior también es conocido como el molar de los seis años por el momento en que se produce su erupción. Es el diente con mayor volumen de la arcada inferior (Esponda Vila 1994). Como en todos los molares inferiores, la dimensión mesiodistal (MD) de la corona es mayor que la vestibulolingual (VL). Posee dos raíces, más gruesas y poderosas que las de los dientes anteriores, capaces de aportar gran retención como pilares tanto de prótesis removible como de prótesis fija (Riojas Garza 2009).

La **corona**, de forma cuboidea, presenta un eje longitudinal inclinado hacia lingual, al igual que el resto de los dientes inferiores. La cara oclusal suele presentar cinco cúspides, tres vestibulares y dos linguales. Se denominan mesiovestibular (MV), centrovestibular (CV), distovestibular (DV), mesiolingual (ML) y distolingual (DL) (Riojas Garza 2009). Esta cara, que constituye nuestra área de trabajo, tiene forma de trapecio escaleno según Figún y Garino (2001), hexagonal según Ash y Nelson (2010) y pentagonal según Woelfel y Scheid (1998), con su lado mayor en vestibular. La depresión más grande que presenta se denomina fosa central, de donde nace el surco principal; éste se divide en dos porciones, una mesial y una distal. La porción mesial separa la cúspide MV de la ML, la porción distal separa las cúspides CV y DV de la DL (Esponda Vila 1994, Riojas Garza 2009). Otros autores hablan de dos cúspides vestibulares (mesiovestibular y distovestibular) y una cúspide distal, todas ellas situadas en la mitad vestibular del molar (Woelfel y Scheid 1998, Ash y Nelson 2010). Hemos optado por la primera terminología, pues hablar de una cúspide distovestibular situada en el centro de las tres vestibulares, podría llegar a resultar confuso.

La cúspide MV es la más grande, ancha y alta del lado vestibular. La cúspide CV es ligeramente menor y más corta, y puede ser más afilada que la MV (Woelfel y Scheid 1998). Ambas están separadas por el surco de desarrollo mesiovestibular (Ash y Nelson 2010). La cúspide DV es la menor de las cinco cúspides del molar. Tiene forma de tubérculo y se encuentra en el ángulo distovestibular debido a la convergencia de la cara vestibular hacia distal (Riojas Garza 2009). Está separada de la cúspide CV por el surco de desarrollo distovestibular. En un estudio realizado sobre 874 modelos de yeso de estudiantes de odontología se observó que en un 19% de los casos el primer molar inferior presentaba únicamente 4 cúspides (Woelfel y Scheid 1998). Figún y Garino (2001) cifran la ausencia de la cúspide DV en sólo un 5% de las ocasiones. Es frecuente en todos los molares inferiores encontrar las cúspides vestibulares considerablemente desgastadas (Ash y Nelson 2010).

Las cúspides linguales de los molares mandibulares son ligeramente más largas y más puntiagudas o cónicas que las vestibulares. Están separadas por el surco de desarrollo lingual. La cúspide ML es a menudo algo más ancha y larga que la DL (Woelfel y Scheid 1998), siendo ambas ligeramente más pequeñas que la MV (Ash y Nelson 2010).

El primer molar mandibular suele presentar dos raíces ampliamente separadas. Su longitud es casi el doble que la altura de la corona (su relación corona-raíz es de 1:1.83, la mayor de todos los dientes). De media, la raíz mesial suele ser un milímetro más larga que la distal (Woelfel y Scheid 1998). La bifurcación de las raíces se inicia cerca del contorno cervical y se completa a unos tres o cuatro milímetros de él, originando un tronco radicular relativamente corto (Esponda Vila 1994). En poblaciones de origen mongoloide el tronco radicular suele ser más largo, asemejándose a un segundo molar inferior (Woelfel y Scheid 1998).

La **raíz mesial** es amplia en sentido vestibulolingual y estrecha en sentido mesiodistal (Woelfel y Scheid 1998). Presenta una curvatura hacia distal más o menos pronunciada (Esponda Vila 1994), suficiente para que su ápice esté en línea con el surco mesiovestibular de la corona (Woelfel y Scheid 1998). Conserva la misma dimensión mesiodistal desde el tronco hasta muy cerca del ápice; a veces, reduce en forma conoide esta dimensión y se adelgaza en el extremo apical, pero muy ligeramente (Esponda Vila 1994).

Su cara mesial presenta una profunda depresión que se extiende desde la línea cervical al ápice, lo que, junto a su amplitud vestibulolingual, indica la posibilidad de dos conductos radiculares en esta raíz (Woelfel y Scheid 1998). Puede insinuarse una bifurcación de su extremo apical, que sólo en casos muy raros llega a verificarse. Los perfiles vestibular y lingual de esta raíz, ambos convexos mesiodistalmente, convergen ligeramente hacia apical en forma simétrica. La cara distal se encuentra hacia el espacio interdentario, es más reducida que la mesial y es cóncava de cervical a apical por el desvío de la raíz hacia distal. Presenta una canaladura longitudinal menos marcada (Esponda Vila 1994).

La **raíz distal** del primer molar inferior es menos voluminosa que la mesial, puede ser recta e inclinada hacia distal, de cervical a apical, pero se la encuentra en ocasiones en forma de gancho, con una curvatura hacia distal en la misma forma que lo hace la raíz mesial. O bien, puede tener una ligera convergencia, acercándose los dos tercios apicales de ambas raíces sin llegar a tocarse (Esponda Vila 1994). En algunos dientes su superficie distal es convexa; en otros puede haber una depresión

longitudinal poco profunda (Woelfel y Scheid 1998). Esta depresión puede indicar la presencia de dos conductos en lugar del único conducto que habitualmente tiene esta raíz (Esponda Vila 1994, Woelfel y Scheid 1998). El ápice es más puntiagudo que en la raíz mesial (Ash y Nelson 2010).

En raras ocasiones existe una tercera raíz, más pequeña y más corta. Se encuentra en distolingual y puede presentar forma de un gancho apical agudo dirigido hacia el lado vestibular, difícil de detectar radiográficamente (Burns y Herbranson 2002). Woelfel y Scheid (1998) hablan de que esta anomalía se presenta en el 10% de los individuos con origen mongoloide, y que afecta tanto a la dentición permanente como a la temporal.

Se denomina **cavidad pulpar** al espacio situado en el interior del diente, que está rodeado por dentina en toda su extensión, excepto a nivel del foramen o forámenes apicales, y que reproduce la morfología exterior del diente donde se encuentra ubicada. Se divide en dos partes: la *cámara pulpar*, que se encuentra en la corona anatómica del diente y el *sistema de conductos* que se encuentra en la raíz (Soares y Goldberg 2002).

La **cámara pulpar** de los molares mandibulares presenta cuatro paredes, techo y suelo (Riojas Garza 2009). Del techo de la cámara pulpar salen los cuernos o astas pulpares, uno para cada cúspide. En vestibular, el central y el distal con frecuencia se encuentran unidos. Los dos mesiales, al igual que las cúspides, son más largos que los distales, y de aquellos el vestibular es el de mayor dimensión (Esponda Vila 1994). Del suelo emergen dos conductos en la raíz mesial, el mesiovestibular y el mesiolingual, los cuales caminan separados hacia el ápice en un 60% de los molares, y en un 40% se unen. La raíz distal presenta dos conductos en un 35% de los casos, distolingual y distovestibular. Cuando presenta un solo conducto, el orificio en el suelo de la cámara pulpar es grande y se encuentra justo distal al centro de la corona (Woelfel y Scheid 1998). Algunos autores califican de rara la presencia de dos conductos en la raíz distal (Esponda Vila 1994, Riojas Garza 2009).

En relación con la cara oclusal, la cámara pulpar siempre se encuentra situada más hacia mesial y ligeramente hacia vestibular, dato de gran interés para realizar la apertura cameral durante el tratamiento endodóntico (Woelfel y Scheid 1998).

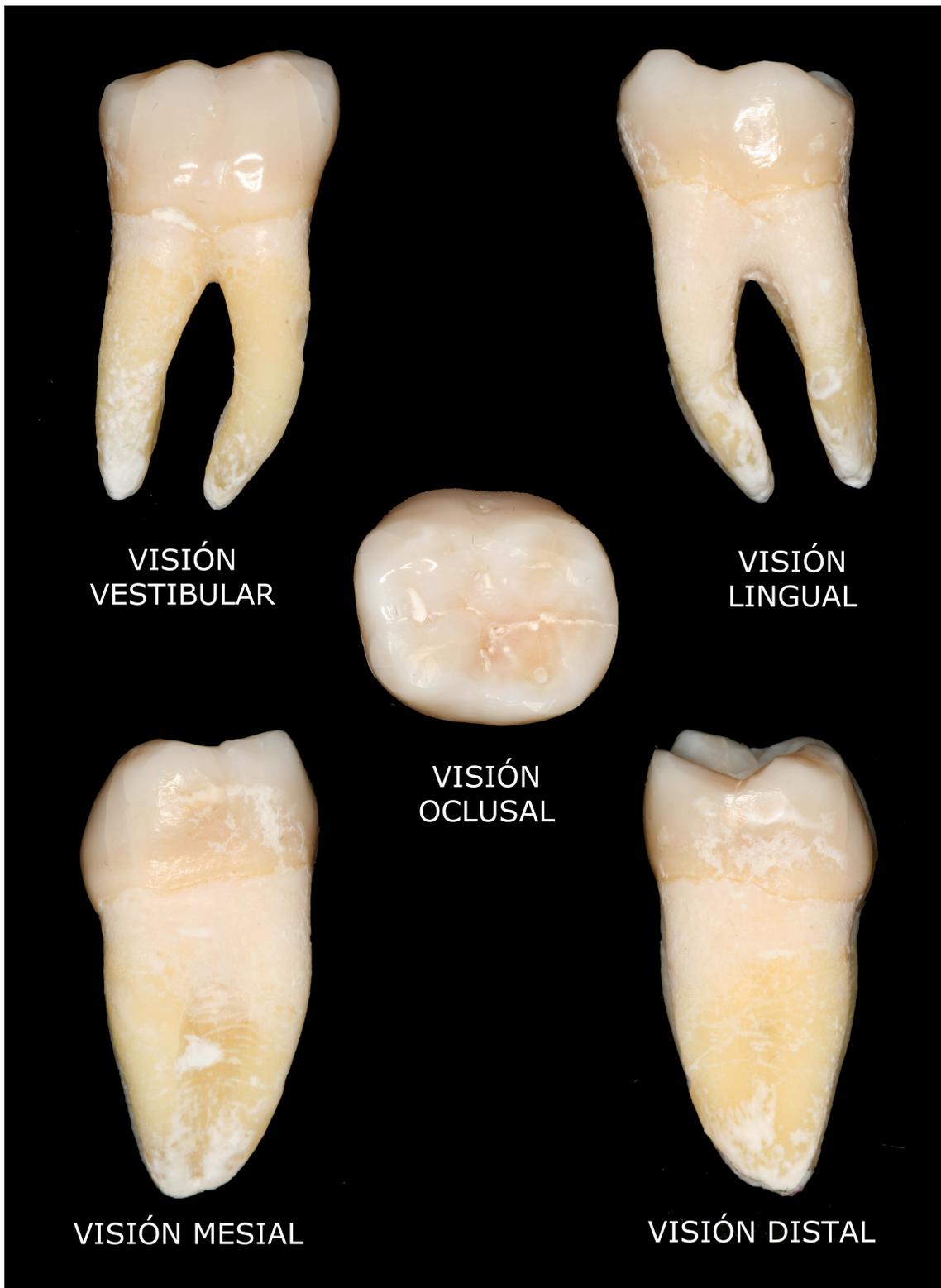


Figura 1. Imágenes de la morfología externa de un primer molar inferior derecho desde distintas perspectivas.

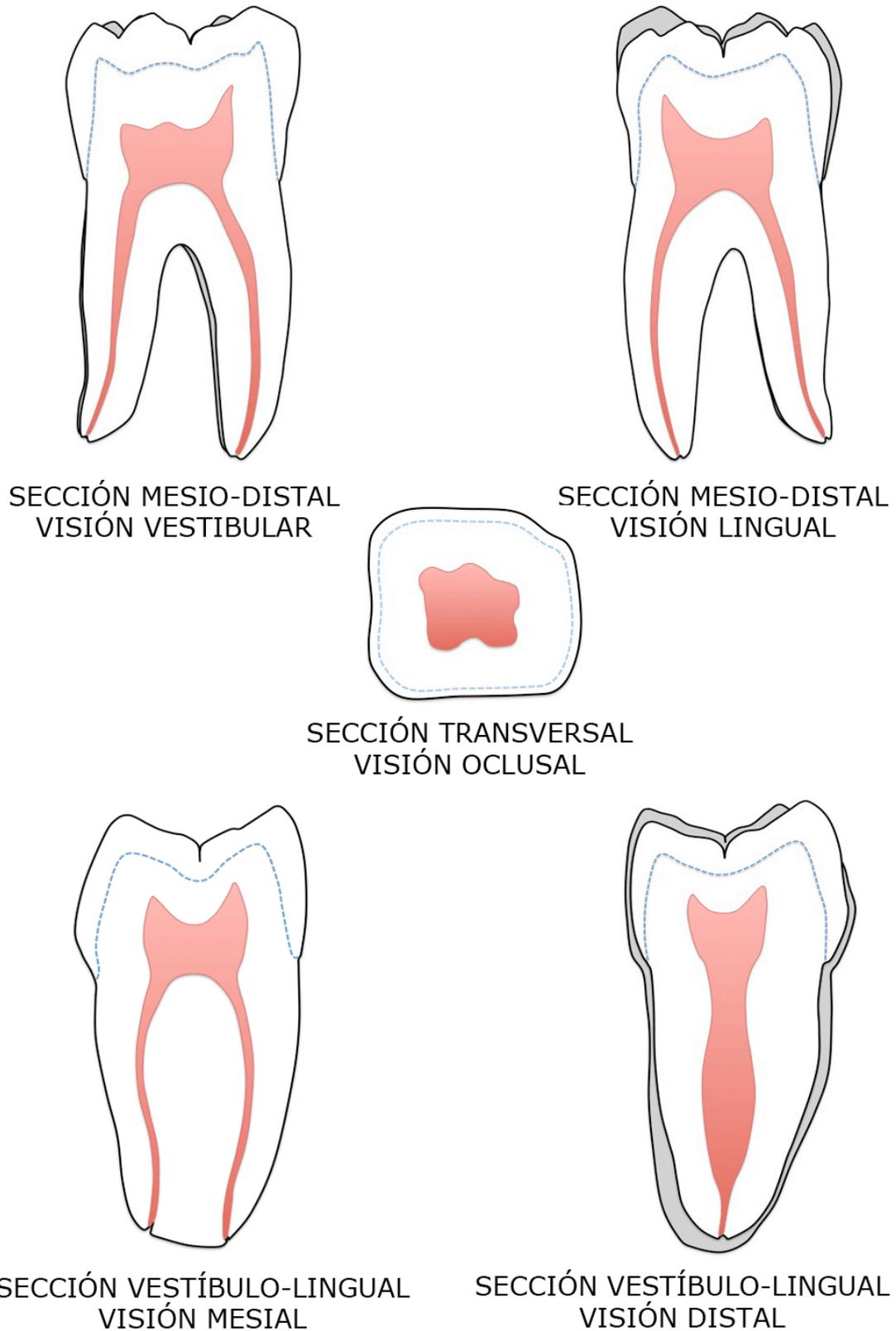


Figura 2. Secciones en los tres ejes del espacio, ilustrando la morfología interna de un primer molar inferior derecho.

Radiográficamente se pueden observar las diferentes formas y dimensiones de la cámara pulpar. Los cuernos se ven agudos y el techo cóncavo hacia el centro de la cámara pulpar; también es posible apreciar las modificaciones que ésta sufre causadas por la edad, caries u otras afecciones. En el caso de un diente de una persona anciana la reducción es homogénea y definida. Se van formando capas incrementales de dentina, fundamentalmente en el suelo que lo aproximan al techo, disminuyendo el espacio de la cavidad en sentido de techo a suelo. En ocasiones se encuentra muy reducido e incluso casi llega a desaparecer (Esponda Vila 1994, Brown y Herbranson 2002).

2.1. Morfología radicular. Revisión bibliográfica.

La metodología en los estudios sobre el sistema de conductos radicular es muy variada. La observación de dientes extraídos ha sido empleada en numerosos trabajos para analizar la morfología externa y el número de raíces. La transparentización (diafanización) de los dientes y la posterior inyección de tinta es la técnica más utilizada para desvelar la anatomía del sistema de conductos. Algunos autores sugieren que no es necesario inyectar tinta, pues tras el tratamiento químico de descalcificación el interior es perfectamente visible (Ahmed y cols. 2007). La posibilidad de obtener raíces con una anatomía externa conservada pero transparentes, ofrece además multitud de aplicaciones en la enseñanza preclínica del tratamiento endodóntico (Hasselgren y Tronstad 1975, Hasselgren y cols. 1987). Variaciones de esta técnica utilizan la inyección de siliconas y resinas para resaltar los conductos, con un poder de penetrabilidad inferior al de la tinta (Hess 1921, Skidmore y Bjorndal 1971). Otra metodología utilizada en el estudio de molares extraídos es la sección transversal de las raíces que, a pesar de ofrecer información de número de conductos, presenta algunas limitaciones pues ejerce una acción irreversible sobre las muestras (Sperber y Moreau 1998, Kuttler y cols. 2001).

En cuanto a la posibilidad de evaluar la anatomía del sistema de conductos in vivo, el estudio radiográfico de dientes endodonciados ha sido, hasta hace muy poco tiempo, la única metodología válida. La resonancia magnética obtuvo malos resultados debido a la baja resolución obtenida (Baumann y Doll 1997). El importante desarrollo de las técnicas tridimensionales aplicado para el diagnóstico, ha permitido su introducción en la práctica clínica a unos niveles de radiación aceptables (Patel 2009). La Tomografía Computarizada (TC), comparada in vitro con exámenes histológicos, ha

demostrado su capacidad para reflejar la anatomía real de las piezas estudiadas (Eder y cols. 2006). Actualmente, la Micro Tomografía Computarizada (MCT) ofrece la posibilidad de realizar una evaluación tridimensional de un solo diente (Peters y cols. 2000). In vitro se presenta como una herramienta válida para el estudio de la morfología de los conductos, pero todavía no se ha llevado a la práctica clínica (Gu y cols. 2010).

Disponemos también de otras técnicas tridimensionales que ofrecen menor resolución como la Tomografía Computarizada Helicoidal (STC) y la Tomografía Computarizada de Haz de Rayos (CBCT). Ambas han sido de gran ayuda para la resolución de algunos casos clínicos y han sido usadas in vivo para estudiar el número de raíces de los primeros molares inferiores (Sachdeva y cols. 2008, Tu y cols. 2009)

La tecnología “cone-beam” utiliza un rayo en forma de cono para adquirir un volumen en una rotación de 360°, similar a la radiografía panorámica (**Figura 3**). Tal y como las imágenes digitales se dividen en píxeles, el volumen adquirido por la CBCT se divide en vóxeles. En esencia, un vóxel es un píxel tridimensional. Puesto que los datos se capturan en volumen y no en planos, todos los vóxeles son isotrópicos, lo que permite medir los objetos de forma precisa en diferentes direcciones, de gran interés para la aplicación en el campo de la endodoncia.

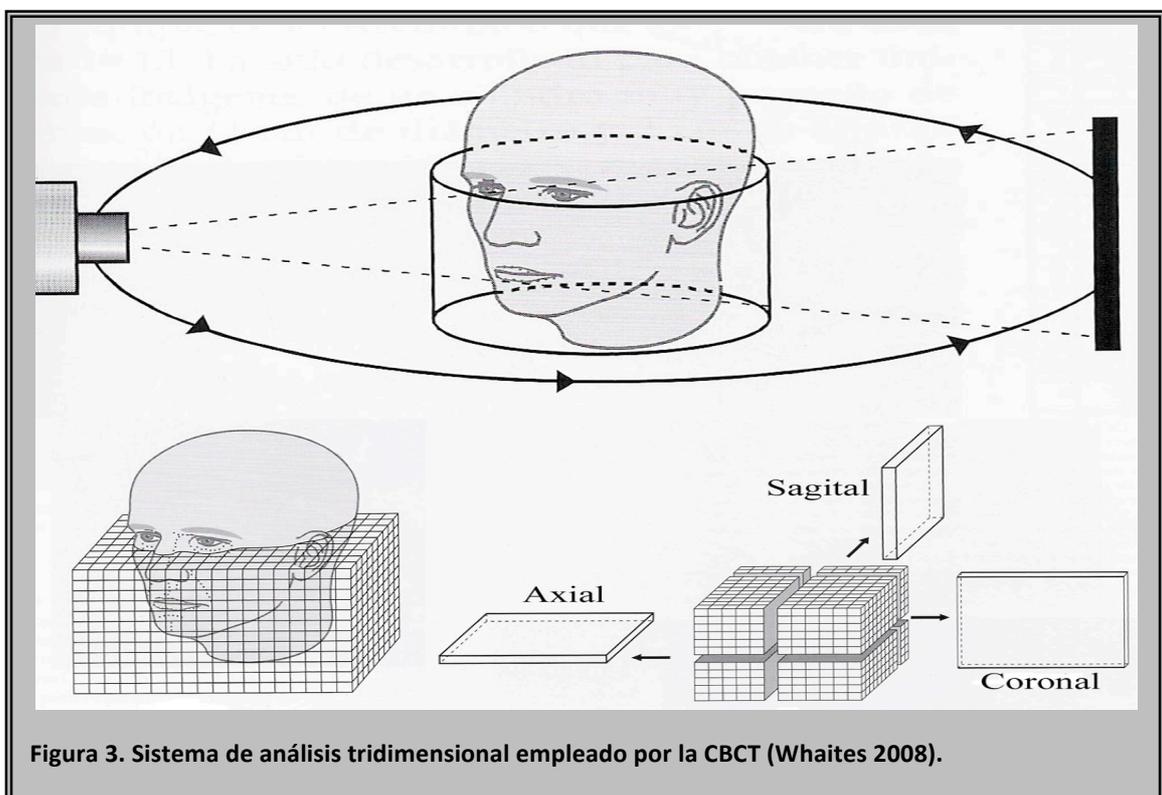


Figura 3. Sistema de análisis tridimensional empleado por la CBCT (Whaites 2008).

Como una ventaja añadida, con la ayuda del software correspondiente, el clínico puede observar planos bidimensionales del objeto de estudio simultáneamente en vistas axial, coronal y sagital con un rango de 0.076 a 2.0 mm o incluso realizar una reconstrucción tridimensional del objeto de estudio (Michetti y cols. 2010).

Las primeras unidades de CBCT aparecieron en 1996 (Scarfe y cols. 2009). A partir de entonces han aparecido gran cantidad de equipos, entre los que se encuentran:

Cuadro 1. Equipos de CBCT disponibles actualmente en el mercado (Scarfe y cols. 2009).

Unidad	Modelo (s)	Fabricante / Distribuidor
Accuitomo	3D Accuitomo—XYZ Slice View Tomograph/Veraviewpacs 3D	J. Morita Mfg. Corp., Kyoto, Japan
Asahi Roentgen	PSR 9000N (Alphard 3030)	Asahi Roentgen, Kyoto, Japan/Distributed by Belmont, Somerset, NJ, USA
Galileos	Galileos	Sirona Dental Systems, Charlotte, NC, USA
GENDEX	CB 500	Imaging Sciences International, Hatfield, PA, USA/Distributed by Gendex, Chicago, IL, USA
Hitachi	CB MercuRay/CB Throne	Hitachi Medical Corp., Chiba-ken, Japan Imaging Sciences
iCAT	Classic/Next Generation	International, Hatfield, PA, USA
ILUMA	Ultra Cone Beam CT Scanner	IMTEC Imaging Ardmore, OK, USA/Distributed by GE Healthcare, Piscataway, NJ, USA
KaVo	3D eXam	Imaging Sciences International, Hatfield, PA, USA/Distributed by KaVo Dental Corp., Biberach, Germany
KODAK	9000 3D/9500 3D	KODAK Dental Systems, Carestream Health Rochester NY, USA/Distributed exclusively in the USA by PracticeWorks, Atlanta, GA, USA
Newtom	3G/NewTom VG	QR, Inc. Verona, Italy/Dent-X Visionary Imaging, Elmsford, NY, USA
ORION	RCB-888	Ritter Imaging GmbH, Ulm, Germany
Picasso Series	Trio/Pro/Master	E-Woo Technology Co., Ltd/Vatech, Giheung-gu, Korea
PreXion	3D	PreXion, Inc. San Mateo, CA, USA
Promax	3D	Planmeca OY, Helsinki, Finland
Ritter	Orion RCB-888	Ritter Imaging GmbH, Ulm, Germany
Scanora	Scanora 3D CBCT	SOREDEX, Tuusula, Finland
SkyView	3D Panoramic imager	My-Ray Dental Imaging, Cefla Dental Group, Imola, Italy
Suni	3D	Suni Corp., CA, USA
TeraRecon	Fine Cube	Yoshida Dental Mfg. Co. Ltd., Tokyo, Japan/Distributed by TeraRecon, Inc., San Mateo, CA, USA

Respecto a la anatomía radicular se ha propuesto diversas clasificaciones para exponer las variaciones anatómicas del sistema de conductos (Weine y cols. 1969, Okumura 1927, Aprile y cols. 1975). La más utilizada y completa es la descrita por Vertucci (1984):

Tipo I – Un conducto único se extiende desde la cámara pulpar hasta el ápice.

Tipo II – Dos conductos parten de la cámara pulpar separados y se juntan en un solo conducto cerca del ápice.

Tipo III – Un conducto abandona la cámara pulpar antes de dividirse en dos dentro de la raíz, que finalmente se unen para salir al exterior como un conducto único.

Tipo IV – Dos conductos distintos y separados desde la cámara pulpar hasta el ápice.

Tipo V – Un conducto sale la cámara pulpar y cerca del ápice se divide en dos conductos independientes, cada uno con su propio foramen apical.

Tipo VI – Dos conductos independientes abandonan la cámara pulpar, se fusionan en el interior de la raíz, y de nuevo se vuelven a separar cerca del ápice para salir al exterior como dos conductos independientes.

Tipo VII – Un conducto único desde la cámara pulpar, se divide y se vuelve a unir dentro de la raíz para, finalmente, cerca del ápice volverse a dividir en dos conductos independientes.

Tipo VIII – Tres conductos separados desde la cámara pulpar hasta el ápice.

Los Tipos I, II, IV y VIII son los más frecuentes en las raíces de los molares inferiores. El resto de las variaciones descritas por Vertucci y otras configuraciones adicionales publicadas por diversos autores, presentan porcentajes de aparición mucho menores (De Pablo y cols. 2010).

En la **figura 4** se muestran las variaciones morfológicas en la configuración de los conductos observadas en las raíces del M1 inferior. Además de la clasificación original de Vertucci, están representadas por orden cronológico las diversas configuraciones añadidas por autores que han evaluado el sistema de conductos de este molar. Estas nuevas configuraciones se denominan utilizando un sistema descriptivo que mediante números, nos indica la cantidad de conductos presente en la raíz, desde el suelo de la cámara pulpar hasta la parte apical.

Figura 4. Configuraciones en las raíces del primer molar permanente publicadas en la literatura.

Vertucci 1984							
Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4	Tipo 5	Tipo 6	Tipo 7	Tipo 8
1-1	2-1	1-2-1	2-2	1-2	2-1-2	1-2-1-2	3-3
Kartal & Cimilli 1997							
Tipo 2a	Tipo 9	Tipo 10	Tipo 11	Tipo 12	Tipo 13	Tipo 14	Tipo 15
2-1	3-1	2-1-2-1	4-2	3-2	2-3	4-4	5-4
Gulabivala y cols. 2001							
Tipo 2b	Tipo 16	Tipo 17	Tipo 18	Tipo 19	Tipo 20	Tipo 21	Tipo 22
2-1	1-3	1-2-3-2	1-2-3	3-1-2	2-3-1	2-3-2	3-2-1
Peiris y cols. 2007							
Tipo 2a	Tipo 18	Tipo 19	Tipo 20	Tipo 21	Tipo 22	Tipo 23	Tipo 24
2-1	1-2-3	3-1-2	2-3-1	2-3-2	3-2-1	3-2-3	3-2-3
Al-Qudah & Awawdeh 2009							
Tipo 2a	Tipo 18	Tipo 19	Tipo 20	Tipo 21	Tipo 22	Tipo 23	Tipo 24
2-1	1-2-3	3-1-2	2-3-1	2-3-2	3-2-1	3-2-3	3-2-3

La literatura científica ofrece resultados contradictorios sobre la configuración del sistema de conductos del M1 inferior y, dada la ausencia de un trabajo que reúna todos los datos, hemos realizado una revisión de la bibliografía existente sobre el tema. Se han analizado datos relativos al número de raíces del primer molar inferior y la configuración de conductos en cada una de ellas. Para ello se introdujeron en Medline las siguientes palabras clave: primer molar inferior, primer molar mandibular, número de raíces, número de conductos, anatomía de raíces, variaciones anatómicas, anatomía de conductos, morfología de raíces, morfología de conductos, istmos, raíces extra, conductos extra, raíces adicionales, casos clínicos, morfología anormal y anatomía anormal. Los datos analizados se exponen en tablas de acuerdo a los siguientes temas de estudio:

1. Número de raíces.
2. Número de conductos total.
3. Número de conductos en la raíz mesial.
4. Configuración del sistema de conductos en la raíz mesial.
5. Variaciones anatómicas de raíces mesiales con 3 conductos.
6. Configuración del sistema de conductos en la raíz distal.
7. Comunicaciones entre conductos. Istmos tipo V.
8. Configuración del sistema de conductos en la raíz accesoria.
9. Casos clínicos sobre anomalías en el primer molar inferior.

A continuación mostramos para cada uno de estos apartados, tablas agrupando y organizando la información obtenida. Hemos optado por esta ubicación, en vez de ir insertando las tablas a lo largo del texto sobre la revisión bibliográfica para facilitar su localización, pues recurriremos a ellas en varias ocasiones a lo largo del trabajo.

Tabla 1. Número de raíces en el primer molar inferior.

Autor/año	Población	Nº total de dientes	% 3 raíces	Metodología
Zhang y cols. 2011	Chinos (Chengdu)	232	29.7% (69)	In vivo (CBCT)
Garg y cols.2010	Indios (Aligarh)	1054	4.5% (48)	In vivo (Rx periapicales)
Gu y cols. 2010a	Chinos (Jiangsu)	122	32% (39)	In vitro (Dientes extraídos)
Huang y cols. 2010a	Taiwaneses (Taiwán)	237	25.3% (60)	In vivo (CBCT)
Song y cols. 2010	Coreanos (Corea)	3088	24.5% (756)	In vivo (TC)
Yang y cols. 2010	Chinos (Shanghái)	1020	27% (276)	In vivo (Rx periapicales)
Wang y cols. 2010	Chinos (Sichuan)	558	25.8% (144)	In vivo (CBCT)
Al-Qudah y Awawdeh 2009	Jordanos (Jordania)	330	3.9% (13)	In vitro (Dientes extraídos)
Chen y cols. 2009b	Taiwaneses (Taiwán)	183	19.7% (36)	In vitro (Dientes extraídos)
Rwenyonyi y cols. 2009	Africanos (Uganda)	224	0	In vitro (Dientes extraídos)
Chen y cols. 2009a	Taiwaneses (Taiwán)	293	9.9% (29)	In vitro (Dientes extraídos)
Schäfer y cols. 2009	Alemanes (Alemania)	1024	0.7% (7)	In vivo (Rx periapicales)
Song y cols. 2009	Coreanos (Corea)	1304	33.1% (431)	In vivo (Rx periapicales)
Tu y cols. 2009	Taiwaneses (Taiwán)	246	25.6% (63)	In vivo (CBCT)
Pattanshetti y cols. 2008	Kuwaitís y no-kuwaitís (Filipinos, indonesios, indios, esrilanqueses, egipcios y sirios)	110	3.6% (4)	In vivo (Inspección clínica + Rx)
Ahmed y cols. 2007	Sudaneses (Sudán)	100	3% (3)	In vitro (Diafanización)
Huang y cols. 2007	Taiwaneses (Taiwán)	332	21.7% (72)	In vivo (Rx periapicales)
Peiris y cols. 2007	Esrilanqueses (Sri Lanka)	100	3% (3)	In vitro (Dientes extraídos)
Tu y cols. 2007	Taiwaneses (Taiwán)	332	17.8% (59)	In vivo (Rx periapicales)
Gulabivala y cols. 2002	Tailandeses (Tailandia)	118	12.7% (15)	In vitro (Dientes extraídos)
Gulabivala y cols. 2001	Birmanos (Birmania)	139	10.1% (14)	In vitro (Dientes extraídos)
Al-Nazhan 1999	Saudí (Arabia-Saudita)	251	6% (15)	In vivo (Rx periapicales)
Zaatar y cols. 1998	Kuwaitís (Kuwait)	49	0	In vitro (Dientes extraídos)
Sperber y Moreau 1998	Negros senegaleses (Senegal)	480	3.1% (15)	In vitro (Dientes extraídos)
Zaatar y cols. 1997	Kuwaití (Kuwait)	147	2.7% (4)	In vivo (Rx periapicales)
Rocha y cols. 1996	(Brasil)	232	5.2% (12)	In vitro (Dientes extraídos)
Yew y Chan 1993	Chinos (Taiwán)	832	21.5% (179)	In vivo (Rx periapicales)

Ferraz y Pecora 1992	Caucásicos (Brasil)	117	4.2% (5)	In vivo (Rx periapicales)
	Negros (Brasil)	106	2.8% (3)	In vivo (Rx periapicales)
	Japoneses (Brasil)	105	11.4% (12)	In vivo (Rx periapicales)
Loh 1990	(Singapur)	304	7.9% (24)	In vitro (Dientes extraídos)
Younes y cols. 1990	Africanos (Egipto)	457	0.7% (3)	In vitro (Dientes extraídos)
Younes y cols. 1990	Asiáticos (Arabia Saudí)	385	2.3% (9)	In vitro (Dientes extraídos)
Onda y cols. 1989	Indios (caucásicos que viven en Asia)	198	1% (2)	In vitro (Dientes extraídos)
Walker 1988	Chinos (Hong Kong)	100	15% (15)	In vitro (Dientes extraídos)
Steelman 1986	Hispanos (West Dallas)	156	6.4% (10)	In vivo (Rx periapicales)
Fabra Campos 1985	(España)	145	0	In vivo (Inspección clínica + Rx)
Walker y Quakenbush 1985	Chinos (Hong Kong)	426	11.7% (50)	In vivo (Rx de aleta de mordida)
Reichart y Metah 1981	Tailandeses (Tailandia)	364	19.2% (70)	In vitro (Dientes extraídos)
Hochstetter 1975	Guameños (Guam)	400	13% (52)	In vitro (Dientes extraídos)
Curzon 1974	Baffin Eskimo (Canadá)	69	21.7% (15)	In vivo (Rx periapicales)
Curzon 1973	Caucásicos ingleses (Inglaterra)	390	3.3% (13)	In vitro (Dientes extraídos)
Curzon y Curzon 1971	Mongoloides Keewatin Eskimo (Canadá)	98	27% (26)	In vitro (Dientes extraídos)
de Souza-Freitas y cols. 1971	Japoneses (Brasil)	466	17.8% (83)	In vivo (Rx periapicales)
	Europeos (Brasil)	844	3.2% (27)	In vivo (Rx periapicales)
Skidmore y Bjorndal 1971	Caucásicos (EEUU)	45	2.2% (1)	In vitro (Dientes extraídos)
Somogy-Csizmazia y Simmons 1971	Indios de Alberta, canadienses (mongoloide)	250	16% (40)	In vivo (Rx periapicales)
Tratman 1938	Chinos (Singapur)	1615	5.8% (94)	In vitro (Dientes extraídos)
	Malayos (Singapur)	475	8.6% (41)	In vitro (Dientes extraídos)
	Javaneses (Singapur)	110	10.9% (12)	In vitro (Dientes extraídos)
	Indios (Singapur)	453	0.2% (1)	In vitro (Dientes extraídos)
	Japoneses (Singapur)	168	1.2% (2)	In vitro (Dientes extraídos)
	Euroasiáticos(Singapur)	262	4.2% (11)	In vitro (Dientes extraídos)
Número total de dientes		21,645	13.8%	
Incidencia			(2,987)	

Rx: radiografías, CBCT: Tomografía Computarizada de Haz de Cono, TC: Tomografía Computarizada.

Tabla 2. Número total de conductos en el primer molar inferior.

Autor / año	Material y métodos	Población	Número total de dientes*	% de conductos		
				3	4	5
Zhang y cols. 2011	In vivo (CBCT)	Chinos	232 (69)	55.6% (129)	42.7% (99)	0
Huang y cols. 2010a	In vivo (CBCT)	Taiwaneses	237 (60)	56.1% (133)	40.5% (96)	0
Wang y cols. 2010	In vivo (CBCT)	Chinos	558 (144)	45% (251)	51.4% (287)	2.2% (12)
Al-Qudah y Awawdeh 2009	In vitro (Diafanización)	Jordanos	330 (13)	48.2% (160)	45.8% (151)	5.5% (18)
Chen y cols. 2009b	In vitro (Diafanización)	Taiwaneses	183 (36)	50.8% (93)	45.9% (84)	0
Pattanshetti y cols. 2008	In vivo (Inspección clínica + Rx)	Kuwaitís	110 (4)	53.6% (59)	46.4% (51)	0
Reuben y cols. 2008	In vitro (STC)	Hindúes	125	85.5% (107)	6.4% (8)	0
Furri y cols. 2007	In vivo (Rx periapicales)	NE	231 (0)	53.7% (124)	43% (99)	0.4% (1)
Gulavibala y cols. 2002	In vitro (Diafanización)	Tailandeses	118 (15)	61% (72)	30.5% (41)	3.4% (4)
Al-Nazhan 1999	In vivo (Rx periapicales)	Saudí	251 (15)	42.2% (106)	57.8% (145)	0
Sperber y Moreau 1998	In vitro (Secciones)	Africanos (Senegal)	480 (15)	75% (360)	25% (120)	0
Zaatar y cols. 1998	In vitro (Diafanización)	Kuwaitís	49 (0)	67.3% (33)	26.5% (13)	0
Rocha y cols. 1996	In vitro (Diafanización)	NE (Brasil)	199 (12)	72.4% (144)	21.1% (42)	0
Zaatar y cols. 1997	In vivo (Rx periapicales)	Kuwaitís	147 (4)	69.4% (102)	29.9% (44)	0
Suarez-Feito y cols. 1995	In vivo (Rx periapicales)	Españoles	198 (0)	72.2% (143)	26.3% (52)	1% (2)
Yew y Chan 1993	In vivo (Rx periapicales)	Chinos	832 (179)	62.5% (520)	31.5% (262)	0
Fabra Campos 1983	In vivo (Inspección clínica + Rx)	NE	219	46.6% (102)	49.3% (108)	4.1% (9)
Fabra Campos 1985	In vivo (Rx periapicales)	NE	145 (0)	50.3% (73)	47.6% (69)	2.1% (3)
Hartwell y Bellizzi 1982	In vivo (Rx periapicales)	NE	846	64.8% (548)	35.1% (297)	0
Skidmore y Bjorndal 1971	In vitro (Inyección de resina)	Caucásicos (USA)	45 (1)	64.4% (29)	28.9% (13)	0
Número total de dientes			5,535			
Incidencia				59.4% (3,288)	37.6% (2,081)	0.9% (49)

*Entre paréntesis mostramos el número de molares con tres raíces, NE: No especificado por el autor.

CBCT: Tomografía Computarizada de Haz de Cono, STC: Tomografía Computarizada Helicoidal.

Rx: Radiografías.

Tabla 3. Número de conductos en la raíz mesial.

Autor / Año	Material y métodos	Número de dientes	Número de conductos		
			1	2	3
Gu y cols. 2010a	In vitro (mCT)	45	8.9%(4)	88.9%(40)	2.2%(1)
Al-Qudah y Awawdeh 2009.	In vitro (Diafanización)	330	0.9% (3)	93% (307)	6% (20)
Chen y cols. 2009b	In vitro (Diafanización)	183	3.3% (6)	91.3% (167)	5.5% (10)
Rwenyonyi y cols. 2009	In vitro (Diafanización)	224	27.2% (61)	72.8% (163)	0
Forner Navarro y cols. 2007	In vitro (TC dientes extraídos)	27	-	-	14.8% (4)
Forner Navarro y cols. 2007	In vitro (SEM dientes extraídos)	25	-	-	12% (3)
Sert y cols. 2004	In vitro (Diafanización)	200	2% (4)	96.5% (193)	1.5% (3)
Gulabivala y cols. 2002	In vitro (Diafanización)	118	3.4% (4)	89.8% (106)	6.8% (8)
Gulabivala y cols. 2001	In vitro (Diafanización)	139	4.3% (6)	84.9% (118)	10.8% (15)
Wasti y cols. 2001	In vitro (Diafanización)	30	0	96.7% (29)	3.3% (1)
Al-Nahzan 1999	In vivo (Radiografías periapicales)	251	0	100% (251)	0
Zaatar y cols. 1997	In vivo (Radiografías periapicales)	147	2.7% (4)	97.3% (143)	0
Fabra-Campos 1989	In vivo (Radiografías periapicales)	760	0	97.4% (740)	2.6% (20)
Walker 1988	In vitro (Radiografías)	100	3% (3)	96% (96)	1% (1)
Fabra Campos 1985	In vivo (Radiografías periapicales)	145	0	97.2% (141)	2.8% (4)
Vertucci 1984	In vitro (Diafanización)	100	12% (12)	77% (77)	1% (1)
Martínez-Berna y Badanelli 1983	In vivo (Radiografías periapicales)	1418	0	98.5% (1397)	1.5% (21)
Pomeranz y cols. 1981	In vivo (Radiografías periapicales)	61	-	-	11.5% (7)
Pineda y Kuttler 1972	In vitro (Radiografías con limas)	300	12.8% (38)	87.2% (262)	0
Skidmore y Bjorndal 1971	In vitro (Modelos plásticos)	45	6.7% (3)	93.3% (42)	0
Número total de raíces para evaluar 1 y 2 conductos		4,535			
Incidencia			3.3% (148)	94.2% (4,272)	
Número total de raíces para evaluar 3 conductos		4,648			
Incidencia					2.6% (119)

TC: Tomografía Computarizada, SEM: Microscopio Electrónico de Barrido.

mCT: Micro Tomografía Computarizada

Tabla 4a. Raíz mesial: configuración del sistema de conductos. Tipos de Vertucci.

Autor / Año	Material y métodos	Número de raíces	Tipo II (2-1)	Tipo IV (2-2)	Tipo VIII (3-3)
Gu y cols. 2010a	In vitro (mCT)	45	11.1% (5)	64.4% (29)	2.2% (1)
Al-Qudah y Awawdeh 2009	In vitro (Diafanización)	330	36% (119)	52.7% (174)	0.3% (1)
Chen y cols. 2009b	In vitro (Diafanización)	183	29.5% (54)	55.2% (101)	5.5% (10)
Rwenyonyi y cols. 2009	In vitro (Diafanización)	224	13.8% (31)	44.6% (100)	0
Pattanshetti y cols. 2008	In vivo (Inspección clínica + Rx)	110	74.5% (82)	25.5% (28)	0
Peiris y cols. 2008	In vitro (Diafanización)	177	24.9% (44)	60.5% (107)	1.1% (2)
Ahmed y cols. 2007	In vitro (Diafanización)	100	14% (14)	73% (73)	2% (2)
Peiris y cols. 2007	In vitro (Diafanización)	100	20% (29)	44% (44)	1% (1)
Cimilli y cols. 2006	In vitro (Rx con limas)	102	52.9% (54)	47.1% (48)	0
Jung y cols. 2005	In vitro (Rx con limas)	42	47.6% (20)	47.6% (20)	0
Sert y cols. 2004	In vitro (Diafanización)	200	44% (88)	43% (86)	1.5% (3)
Villegas y cols. 2004	In vitro (Diafanización)	63	52.4% (33)	34.9% (22)	4.8% (3)
Gulabivala y cols. 2002	In vitro (Diafanización)	118	21.2% (25)	50.8% (60)	1.7% (2)
Gulabivala y cols. 2001	In vitro (Diafanización)	139	28.8% (40)	38.1% (53)	0.7% (10)
Wasti y cols. 2001	In vitro (Diafanización)	30	23.3% (7)	66.7% (20)	3.3% (1)
Al-Nazhan 1999	In vivo (Rx periapicales)	251	52.6% (132)	47.4% (119)	0
Seperber y Moreau 1998	In vitro (Secciones)	480	16% (77)	84% (403)	0
Zaatar y cols. 1998	In vitro (Duralay)	49	57.1% (28)	34.7% (17)	0
Kartal y Cimilli 1997	In vitro (Rx con limas)	697	40.7% (284)	53.7% (374)	0
Zaatar y cols. 1997	In vivo (Rx periapicales)	147	56.5% (83)	42.9% (63)	0
Rocha y cols. 1996	In vitro (Diafanización)	199	47.3% (94)	45.2% (90)	0
Çalışcan y cols. 1995	In vitro (Diafanización)	100	37.3% (37)	44.1% (44)	3.4% (3)
Walker 1988	In vitro (Dientes extraídos)	100	-	-	1% (1)
Vertucci 1984	In vitro (Diafanización)	100	28% (28)	43% (43)	1% (1)
Pineda y Kuttler 1972	In vitro (Rx M-D y V-L)	300	30.3% (91)	40.3% (121)	0
Skidmore y Bjorndal 1971	In vitro (Modelos plásticos)	45	33.3% (15)	60% (27)	0
Número total de raíces mesiales		4,331			
Incidencia			35% (1,514)	52.3% (2,266)	0.9% (41)

mCT: Micro Tomografía Computarizada, Rx: Radiografías

Tabla 4b. Raíz mesial: configuración del sistema de conductos. Forámenes apicales.

Autor / Año	Material y métodos	Número de dientes	% de forámenes apicales		
			1	2	3
Gu y cols. 2010a	In vitro (mCT)	45	20% (9)	77.8% (35)	2.2% (1)
Arora y Tewari 2009	In vitro (Microscopio 40x)	100	33% (33)	46% (46)	16% (16)
Al-Qudah y Awawdeh 2009	In vitro (Diafanización)	330	39.1% (129)	58.5% (193)	2.4% (8)
Chen y cols. 2009b	In vitro (Diafanización)	183	31.7% (58)	68.3% (125)	0
Rwenyonyi y cols. 2009	In vitro (Diafanización)	224	46.9% (105)	53.1% (119)	0
Pattanshetti y cols. 2008	In vivo (Inspección clínica + Rx)	110	74.5% (82)	25.5% (28)	0
Peiris y cols. 2008	In vitro (Diafanización)	177	31.1% (55)	65% (115)	2.2% (4)
Ahmed y cols. 2007	In vitro (Diafanización)	100	17% (17)	71% (71)	11% (11)
Peiris y cols. 2007	In vitro (Diafanización)	100	27% (27)	64% (64)	9% (9)
Cimilli y cols. 2006	In vitro (Rx con limas)	102	52.9% (54)	47.1% (48)	0
Jung y cols. 2005	In vitro (Rx con limas)	42	52.4% (22)	47.6% (20)	0
Sert y cols. 2004	In vitro (Diafanización)	200	51% (102)	47.5% (95)	1.5% (3)
Marroquin y cols. 2004	In vitro (Microscopio 40x)	286	12.9% (37)	87.1% (249)	0
Villegas y cols. 2004	In vitro (Diafanización)	63	58.7% (37)	36.5% (23)	4.8% (3)
Gulabivala y cols. 2002	In vitro (Diafanización)	118	35.6% (42)	60.2% (71)	3.4% (4)
Gulabivala y cols. 2001	In vitro (Diafanización)	139	42.4% (59)	50.4% (70)	7.2% (10)
Wasti y cols. 2001	In vitro (Diafanización)	30	23.3% (7)	73.3% (22)	3.3% (1)
Al-Nazhan 1999	In vivo (Rx periapicales)	251	52.6% (132)	47.4% (119)	0
Seperber y Moreau 1998	In vitro (Secciones)	480	16% (77)	84% (403)	0
Zaatar y cols. 1998	In vitro (Duralay)	49	63.3% (31)	36.7% (18)	0
Kartal y Cimilli 1997	In vitro (Rx con limas)	697	40.7% (284)	59.3% (374)	0
Zaatar et al. 1997	In vivo (Rx periapicales)	147	57.1% (84)	42.9% (63)	0
Rocha y cols. 1996	In vitro (Diafanización)	199	54.8% (109)	45.2% (90)	0
Çalışcan y cols. 1995	In vitro (Diafanización)	100	39% (39)	57.6% (57)	3.4% (3)
Walker 1988	In vitro (Dientes extraídos)	100	24% (24)	75% (75)	1% (1)
Vertucci 1984	In vitro (Diafanización)	100	40% (40)	59% (59)	1% (1)
Pineda y Kuttler 1972	In vitro (Rx M-D y V-L)	300	43% (129)	57% (171)	0
Skidmore y Bjorndal 1971	In vitro (Modelos plásticos)	45	40% (18)	60% (27)	0
Número total de raíces mesiales		4,817			
Incidencia			38.2% (1,842)	59.2% (2,850)	1.6% (75)

mCT: Micro Tomografía Computarizada, Rx: Radiografías

Tabla 5. Variaciones anatómicas de las raíces mesiales con 3 conductos.

Autor/ año	Nº	Configuración del sistema de conductos									
		3-3	3-1	3-2	3-2-1	3-2-3	3-4	2-3	2-3-1	2-3-2	1-2-3-2
Gu y cols. 2010a	1	1									
Arora y Tewari 2009	20	1	2	4	1	2		5	2	3	
Chen y cols. 2009b	10	10									
Yu y cols. 2006	1										1
Sert y cols. 2004	6	3									3
Villegas y cols. 2004	3	3									
Mortman Ann 2003	5	2	1	2							
Gulabivala y cols. 2002	7	2	2	1			1	1			
Gulabivala y cols. 2001	15	1	3	2				9			
Wasti y cols. 2001	1	1									
Çalışkan y cols. 1995	3	3									
Jacobsen y cols. 1994	3	1		2							
Fabra Campos 1989	20	1		19							
Walker 1988	1	1									
Fabra Campos 1985	4		1	3							
Vertucci 1984	1	1									
Martínez-Berna y Badanelli 1983	25*	1	4	20							
Pomeranz y cols. 1981	2	1		1							
Número total de raíces mesiales	128	33	13	54	1	2	1	15	2	3	4
Incidencia		25.8 %	10.2%	42.2%	0.8%	1.8%	0.8%	11.7%	1.6%	2.3%	3.1%

* 21 primeros molares y 4 segundos molares inferiores permanentes.

Tabla 6a. Raíz distal: configuración del sistema de conductos. Tipos de Vertucci.

Autor / Año	Material y métodos	Número de dientes	Tipo I (1-1)	Tipo II (2-1)	Tipo IV (2-2)
Gu y cols. 2010a	In vitro (mCT)	45	82.2% (37)	2.2% (1)	2.2% (1)
Al-Qudah y Awawdeh 2009	In vitro (Diafanización)	330	54.2% (179)	17% (56)	9.4% (31)
Chen y cols. 2009b	In vitro (Diafanización)	183	54.1% (99)	12.6% (23)	25.1% (46)
Rwenyonyi y cols. 2009	In vitro (Diafanización)	224	84.8% (190)	1.3% (3)	9.4% (21)
Pattanshetti y cols. 2008	In vivo (Inspección clínica + Rx)	110	52.7% (58)	24.5% (27)	19.1% (21)
Peiris y cols. 2008	In vitro (Diafanización)	177	71.8% (127)	1.1% (2)	7.9% (14)
Ahmed y cols. 2007	In vitro (Diafanización)	100	38% (38)	28% (28)	22% (22)
Peiris y cols. 2007	In vitro (Diafanización)	100	70% (70)	1% (1)	0
Sert y cols. 2004	In vitro (Diafanización)	200	53.5% (107)	12.5% (25)	9.5% (19)
Gulabivala y cols. 2002	In vitro (Diafanización)	118	61% (72)	4.2% (5)	15.3% (18)
Gulabivala y cols. 2001	In vitro (Diafanización)	139	66.2% (92)	15.8% (22)	10.1% (14)
Wasti y cols. 2001	In vitro (Diafanización)	30	30% (9)	26.7% (8)	20% (6)
Al-Nazhan 1999	In vivo (Rx pariapicales)	251	42.2% (106)	35.1% (88)	22.7% (57)
Zaatar y cols. 1998	In vitro (Duralay)	49	75.5% (37)	8.2% (4)	16.3% (8)
Zaatar y cols. 1997	In vivo (Rx pariapicales)	147	70.7% (104)	12.9% (19)	16.3% (24)
Rocha 1996	In vitro (Diafanización)	199	78.9% (157)	11.6% (23)	9.5% (19)
Fabra Campos 1985	In vivo (Rx pariapicales)	145	50.3% (73)	26.2% (38)	20.7% (30)
Vertucci 1984	In vitro (Diafanización)	100	70% (70)	15% (15)	5% (5)
Pineda y Kuttler 1972	In vitro (Rx M-D y V-L)	300	73% (219)	12.7% (38)	3.7% (11)
Skidmore y Bjorndal 1971	In vitro (Modelos plásticos)	45	71.1% (32)	17.8% (8)	8.9% (5)
Número total de raíces distales		2,992			
Incidencia			62.7% (1,876)	14.5% (434)	12.4% (372)

mCT: Micro Tomografía Computarizada, Rx: Radiografías.

Tabla 6b. Raíz distal: configuración del sistema de conductos. Forámenes apicales.

Autor / Año	Material y métodos	Número de dientes	Incidencia de forámenes	
			1	2
Gu y cols. 2010a	In vitro (mCT)	45	93.3% (42)	6.7% (3)
Arora y Tewari 2009	In vitro (Microscopio 40x)	100	75% (75)	22% (22)
Al-Qudah y Awawdeh 2009	In vitro (Diafanización)	330	77% (254)	22.1% (73)
Chen y cols. 2009b	In vitro (Diafanización)	183	67.2% (123)	32.8% (60)
Rwenyonyi y cols. 2009	In vitro (Diafanización)	224	87.1% (195)	12.9% (29)
Pattanshetti y cols. 2008	In vivo (Inspección clínica + Rx)	110	76.4% (84)	23.6% (26)
Peiris y cols. 2008	In vitro (Diafanización)	177	79.7% (141)	19.7% (35)
Ahmed y cols. 2007	In vitro (Diafanización)	100	65% (65)	31% (31)
Peiris y cols. 2007	In vitro (Diafanización)	100	85% (85)	14% (14)
Sert y cols. 2004	In vitro (Diafanización)	200	87% (174)	12% (24)
Marroquin y cols. 2004	In vitro (Estereomicroscopio)	286	39.5% (113)	60.5% (173)
Gulabivala y cols. 2002	In vitro (Diafanización)	118	77% (92)	17.8% (21)
Gulabivala y cols. 2001	In vitro (Diafanización)	139	84.2% (117)	15.1% (21)
Wasti y cols. 2001	In vitro (Diafanización)	30	56.7% (17)	43.3% (13)
Al-Nazhan 1999	In vivo (Rx periapicales)	251	77.3% (194)	22.7% (57)
Zaatar y cols. 1998	In vitro (Duralay)	49	83.7% (41)	16.3% (8)
Zaatar y cols. 1997	In vivo (Rx periapicales)	147	83.7% (123)	16.3% (24)
Rocha 1996	In vitro (Diafanización)	199	90.5% (180)	9.5% (19)
Fabra Campos 1985	In vivo (Rx periapicales)	145	76.6% (111)	23.4% (34)
Vertucci 1984	In vitro (Diafanización)	100	85% (85)	15% (15)
Pineda y Kuttler 1972	In vitro (Rx M-D y V-L)	300	85.7% (257)	14.3% (43)
Skidmore y Bjorndal 1971	In vitro (Modelos plásticos)	45	88.9% (40)	8.9% (5)
Número total de raíces distales		3,378		
Incidencia			77.2% (2,608)	22.2% (750)

mCT: Micro Tomografía Computarizada, Rx: Radiografías.

Tabla 7. Comunicaciones entre conductos. Istmos tipo V.

Autor / Año	Material y métodos	Número de dientes	Raíz mesial		Raíz distal	
			Porcentaje total	1/3 más frecuente	Porcentaje total	1/3 más frecuente
Al-Qudah y Awawdeh 2009	In vitro (Diafanización)	330	37.3	Medio/apical	13	Medio
Peiris y cols. 2008	In vitro (Diafanización)	177	77.4	Todos	11.3	Medio
Ahmed y cols. 2007	In vitro (Diafanización)	100	62	-	8	-
Peiris y cols. 2007	In vitro (Diafanización)	100	67	Todos	12	Medio
Jung y cols. 2005	In vitro (Secciones)	42	42.5	Medio (mm 4)	-	-
Mannocci y cols. 2005	In vitro (mCT)	20	50.25	Apical (mm 3)	-	-
Von Arx 2005	In vivo (Endoscopia)	52	29	Medio (mm 4)	-	-
Von Arx 2005	In vivo (Endoscopia)	28	-	-	21	Medio (mm 4)
Sert y cols. 2004	In vitro (Diafanización)	200	66	Medio /apical	22	Medio
Villegas y cols. 2004	In vitro (Diafanización)	59	75	Medio	-	-
Texeira y cols. 2003	In vitro (Secciones)	50	23	Medio	-	-
Gulabivala y cols. 2002	In vitro (Diafanización)	139	39.8 (Media de raíz M y D)			
Gulabivala y cols. 2001	In vitro (Diafanización)	118	51.8	-	10	-
Çalışcan y cols. 1995	In vitro (Diafanización)	100	51	Medio	22	Medio
Vertucci 1984	In vitro (Diafanización)	100	63	Medio	55	Medio
Número total de dientes		1,615				
Porcentaje TOTAL			54.8%			20.2%

mCT: Micro Tomografía Computarizada

Tabla 8. Configuración del sistema de conductos en la raíz accesoria.

Autor / año	Nº total de M1	Frecuencia raíz extra	Situación	Raza	Tipo I (1-1)	Metodología
Zhang y cols. 2011	232	29.7% (69)	DL	Chinos	100%	In vivo (CBCT)
Gu y cols. 2010a	20	100% (20)	DL	Chinos	100%	In vitro (mCT)
Huang y cols. 2010a	237	25.3% (60)	DL	Taiwaneses	100%	In vivo (CBCT)
Al-Qudah y Awawdeh 2009	330	3.9% (13)	DL	Jordanos	100%	In vitro (D)
Ahmed y cols. 2007	100	3% (3)	DL	Sudaneses	NE	In vitro (D)
Gulabivala y cols. 2002	118	12.7% (15)	DL	Tailandeses	100%	In vitro (D)
Gulabivala y cols. 2001	139	10.1% (14)	DL	Birmanos	100%	In vitro (D)
Sperber y Moreau 1998	480	3.1% (15)	L, V, D	Senegaleses	100%	In vitro (secciones)
Ribeiro y Consolaro 1997	54	100% (54)	DL	NE	100%	In vitro (Rx + secciones)
Younes y cols. 1990	457	0.7% (3)	DL	Egipcios	100%	In vitro (Rx)
Younes y cols. 1990	385	2.3% (9)	DL	Kuwaitís	100%	In vitro (Rx)

mCT: Micro Tomografía Computarizada, Rx: Radiografías.

D: Diafanización, CBCT: Tomografía Computarizada de Haz de Cono.

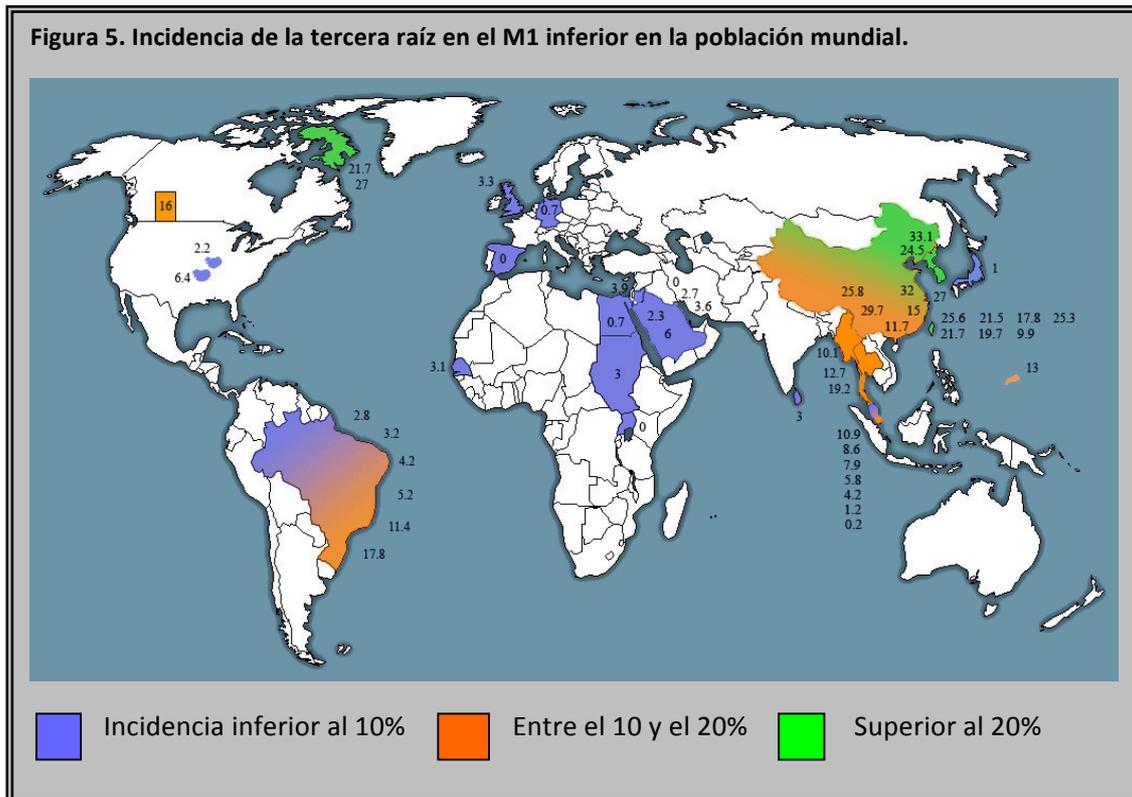
Tabla 9. Casos clínicos sobre anomalías anatómicas en el primer molar inferior.

Autor	Nº	Metodología	Descripción
Ioannidis y cols. 2011	1	Rx in vivo + CBCT	1 raíz, 1 conducto.
Kottoor y cols. 2010a	1	Rx in vivo	5 conductos, 2 en M y 3 en D que convergen en un foramen único.
Faramarzi y cols. 2010	1	Rx in vivo	3 conductos en M, con un instrumento roto en ML.
La y cols. 2010	1	Rx in vivo + CBCT	3 conductos en M, con configuración 2-3.
Yesilsoy y cols. 2009	1	Rx in vivo	5 conductos, 5 forámenes. 3 conductos en M, 1 en D, 1 en DL.
Chandra y cols. 2009	1	STC	5 conductos, 4 forámenes. 2 conductos en M, 3 en D. DC se une a DV.
Barletta y cols. 2007	1	Rx in vivo	Raíz DL. 5 conductos, 2 M, 2 D y DL. 5 forámenes.
Calberson y cols. 2007	2	Rx in vivo	Raíz DL. 4 conductos en total, 4 forámenes.
Forner Navarro y cols. 2007	3	Rx in vivo	3 conductos en la raíz M de cada M1. No especifica nº de forámenes.
Ghoddusi y cols. 2007	1	Rx in vivo	4 raíces, 6 conductos 6 forámenes. Cada raíz M 1 conducto, DL 1 conducto, D 3 conductos.
Kontakiotis y Tzanetakis 2007	1	Rx in vivo	4 conductos en M que se juntan en 1 foramen + 1 en D.
Ashwin y Arathi 2006	2	Rx in vivo	Taurodontismo de los dos M1 inferiores en un paciente.
Lee y cols. 2006	1	Rx in vivo + TC	5 conductos, 2 M y 1 en cada una de las 3 raíces D.
Plotino y cols. 2006	4	MCT in vitro	4 M1 inferiores con un solo conducto acintado en raíz M.
Yu y cols. 2006	1	MCT in vitro	M1 inferior con tres conductos en M, configuración 2-3-2.
De Moor y cols. 2004	4	Rx in vivo	Raíz DL en todos ellos.
Baugh y Wallace 2004	1	Rx in vivo	5 conductos, 4 forámenes. 3 conductos en M, 2 forámenes. 2 conductos en D independientes.
Min 2004	1	Rx in vivo	5 conductos 2 forámenes. 3 en M que comparten 1 foramen y 2 en D, también con un foramen común.
Mortman y Ahn 2003	1	Rx in vivo	5 conductos 5 forámenes. 3 en M y 2 en D, todos independientes.
	1	Rx in vivo	6 conductos. 3 conductos independientes en M y 3 en D.
	1	Rx in vivo	3 conductos en M. MC + MV y ML. 2 forámenes en M.
	1	Rx in vivo	5 conductos. MC + ML + MV. DV + DL. 2 forámenes.
	1	Rx in vivo	5 conductos. MC + MV y ML, DV+DL. 3 forámenes.
Tsesis y cols. 2003	1	Rx in vivo	Fusión de M1 inferior con 2º premolar inferior. 5 conductos, 3 M a través de la corona del premolar y 2 D, a través del M1 inferior.
Tiku y cols. 2003	2	Rx in vivo	Taurodontismo en los dos M1 inferiores de un paciente.

Kimura y Matsumoto 2000	1	Rx in vivo	5 conductos, 2 en M, 2 en D y 1 en raíz DL
Reeh 1998	1		7 conductos, 4 en M + 3 en D. No habla de forámenes.
DeGroot y Cunningham 1997	1	Rx in vivo	5 conductos, MC se une a ML y distales independientes. 4 forámenes.
Holtzman 1997	1	Rx in vivo	5 conductos, 3 en M independientes y 2 en D que se juntan.
Ricucci 1997	1	Rx in vivo	5 conductos. 3 en M independientes, 2 en D se unen. 4 forámenes.
Prabhu y Munshi 1995	2	Rx in vivo	Raíz DL bilateral. 4 conductos cada M1 inferior.
Jacobsen y cols. 1994	3	Rx in vivo	4 conductos, MC + MV, ML, DV y DL. 4 conductos, MC + ML, MV, DV y DL. 5 conductos, MV + MC + ML + DV + DL. 5 forámenes.
Fabra Campos 1989	20	Rx in vivo	20 conductos MC. 13 se unen a MV, 6 a ML y 1 independiente.
Bond y cols. 1988	1	Rx in vivo	5 conductos independientes. 5 forámenes.
Bolger y Schindler 1988	1	Rx in vivo + secciones in vitro.	C-shaped. 4 conductos. DL a DV a MV, ML separado.
Beatty y Krell 1987	1	Rx in vivo	5 conductos, 3M + 2D.
Rice y Gilbert 1987	1	Rx in vivo	C-shaped, que comienza en MV, va a ML y termina en D.
Barnett 1986	1	Rx in vivo	C-shaped MV a D. ML separado.
Friedman y cols. 1986	1	Rx in vivo	4 raíces, 1 M + 3 D. 5 conductos independientes: MV, ML, DV, DC, DL.
Quackenbush 1986	2	In vitro, limas + Rx	3 raíces, 5 conductos independientes. Ambos del mismo paciente.
Beatty e Interian 1985	1	Rx in vivo	5 conductos independientes. 2 en M, 2 en D, 1 en DL.
Martínez-Berna y Badanelli 1985	1	Rx in vivo	6 conductos. 3 M independientes y DC se une a DL. DV independiente. 5 forámenes.
Martínez-Berna y Badanelli 1985	1	Rx in vivo	6 conductos. 3 M independientes y 3 D que se unen. 4 forámenes.
Fabra Campos 1985	1	Rx in vivo	5 conductos. 4 forámenes. MC se une a ML. Distales independientes.
Fabra Campos 1985	2	Rx in vivo	5 conductos, 3 forámenes. MC se une a MV. DV y DL se unen.
Fabra Campos 1985	1	Rx in vivo	4 conductos, 3 forámenes. MC se une a MV y D único.
Stroner y cols. 1984	1	Rx in vivo	5 conductos, 5 forámenes. MV, ML, DV, DL y raíz DL con 1 conducto.
Weine 1982	1	Rx in vivo	3 conductos en M, 1 foramen único. D único (Retratamiento de un M1 inferior con 2 conductos mesiales y 1 distal).
Mena 1971	2	Rx in vivo	Ambos M1 inferiores hypertaurodónticos.

M: Mesial, D: Distal, V: Vestibular, L: Lingual, Rx: Radiografías, MC: Mesiocentral, DC: Distocentral, DL: Distolingual. CBCT: Tomografía Computarizada de Haz de Cono, STC: Tomografía Computarizada Helicoidal

2.1.1. Número de raíces.



El número de raíces que presenta el primer molar inferior es la característica anatómica donde más variación podemos encontrar. A diferencia del número de conductos o su configuración, la bibliografía revela la influencia genética al respecto. Las razas asiáticas con origen mongoloide, muestran porcentajes muy superiores en la incidencia de M1 inferiores con tres raíces (**3M1 inferior**) con respecto a la raza caucásica o negra. La frecuencia de este rasgo en las razas mongoloides debería ser considerada como una característica genéticamente determinada (Walker y Quackenbush 1985). El mapa mundial (**Figura 5**) muestra cómo el origen de las poblaciones tiene determinado su mapa genético y, por lo tanto, la frecuencia de aparición de la tercera raíz. En Brasil se aprecia una gran variabilidad debido a la coexistencia de múltiples razas. En el estudio realizado por Ferraz y Pecora (1992) los autores observan una incidencia del 2.8% en una población negra, del 4.2% en una de ascendencia caucásica y del 11.4% en una descendiente de japoneses. El mismo resultado obtuvieron De Souza-Freitas y cols. (1971), también en Brasil, con resultados del 3.2% cuando analizaron una población de ascendencia europea, y el 17.8%, en el caso de ascendencia japonesa.

Singapur es una nación joven formada por descendientes de inmigrantes de la península malaya (15.1%), China (76.1%), India (6.5%) y Sri Lanka (Loh 1990). Tratman (1938) llevó a cabo un estudio con casi 3000 muestras y también obtuvo diferentes incidencias en base a la raza de los individuos estudiados. La mayor frecuencia fue para los javaneses (10.9%), seguida de los malayos (8.6%), chinos (5.8%), euroasiáticos (4.2%) y japoneses (1.2%). Loh (1990) realiza un estudio similar, evaluando la población de Singapur, pero sin hacer distinción de razas. El resultado se acerca a una media de los obtenidos por Tratman (1938). Evalúa 304 M1 inferiores y obtiene que un 7.9% de los molares presentaba tres raíces, señalando que no hay predilección por el sexo. Según los datos de los estudios sobre estos dos países multiculturales los autores sugieren una estrecha relación entre la raza y el número de raíces de los M1 inferiores, mostrando que las razas mongoloides tienen una mayor tendencia a poseer tres raíces.

Curzon (1974) examinó una población canadiense teniendo en cuenta la raza de sus abuelos y los dividió en tres grupos. En el primero, los cuatro abuelos eran esquimales y la incidencia de 3M1 inferiores fue el 21.7%. Cuando los abuelos eran dos esquimales y dos caucásicos, la frecuencia bajó al 16.6% y cuando los cuatro abuelos eran caucásicos, no obtuvo ningún 3M1 inferior (aunque la muestra era más reducida en este último grupo: 32 M1 frente a los 69 del primer grupo y 18 del segundo). Concluye que la penetrancia del rasgo M1 inferior con tres raíces en los esquimales, y por tanto en los esquimales-caucásicos, es muy fuerte, notándose también en otras peculiaridades anatómicas, como el tubérculo de Carabelli. Los resultados sugieren que el patrón genético de los esquimales, expresado en su morfología dental, es dominante sobre el patrón caucásico. El mismo autor, que había evaluado tres años antes otra población esquimal, obtuvo un 27% de incidencia (Curzon 1971).

El lugar donde más se ha estudiado la presencia de 3M1 inferior es Taiwán. Concretamente, hemos encontrado siete estudios. Seis de ellos catalogan la presencia de la tercera raíz como un hallazgo habitual, pues su incidencia ronda el 20% (Huang y cols. 2010a, Chen y cols. 2009a, Tu y cols. 2009, Huang y cols. 2007, Tu y cols. 2007, Yew y Chan 1993). Sin embargo, Chen y cols. (2009b) llevaron a cabo otro análisis similar a los anteriores y la incidencia disminuyó hasta el 9.9%. Los M1 inferiores utilizados fueron recolectados por cirujanos del Hospital de Veteranos de Taipei, y, dada la mayor dificultad para la extracción de los M1 con tres raíces, los autores dan como posible explicación que muchos de ellos fueron descartados por fracturas radiculares (Chen y cols. 2009b).

Gu y cols. (2010a) también utilizaron M1 inferiores extraídos, pero teniendo máximo cuidado de, en caso de ocurrir una fractura durante el procedimiento, conservar todos los fragmentos. Después, además de analizar el número de 3M1 inferiores presentes en la muestra, contabilizaron el número de fracturas en el grupo de los molares con tres raíces y en grupo con dos raíces. El resultado fue estadísticamente significativo con un 48.72% (19 de 39) de fracturas en el grupo trirradicular y un 25.93% (21 de 81) en el grupo birradicular. Concluyeron su estudio diciendo que la existencia de una raíz accesoria dificulta la extracción del molar e incrementa el riesgo de fractura.

En Hong Kong, dos estudios con resultados similares, expresan alrededor de un 15% de incidencia en la población china (Walker 1988, Walker y Quakenbush 1985). Ambos con diferente metodología muestran cómo analizando dientes extraídos (Walker 1988) o con radiografías de aleta de mordida (Walker y Quakenbush 1985) se obtienen los mismos resultados.

En las poblaciones del sureste asiático, se ha observado una disminución en la incidencia de 3M1 inferiores como el 10.1% de una población birmana (Gulabivala 2001), 12.7% y 19.2% en una tailandesa (Gulabivala y cols. 2002, Reichart y Meta 1981), el 7.9% en Singapur (Loh 1990) o el 13% de la población guameña (Hochstetter 1975).

Con respecto a las razas caucásica o negra, una publicación sobre 1024 M1 inferiores de una población alemana habla de una incidencia del 0.7% (Schäfer y cols. 2009). Curzon (1973) describe un 3.3% en una población caucásica de Inglaterra. En España no nos consta ningún estudio específico acerca del número de M1 con tres raíces. Fabra Campos evaluó 145 tratamientos de conductos en M1 inferiores y no encontró ningún molar con tres raíces (Fabra Campos 1985). El único estudio realizado en Japón (Onda y cols. 1989) evalúa una muestra de población con ascendencia caucásica y habla de una baja incidencia.

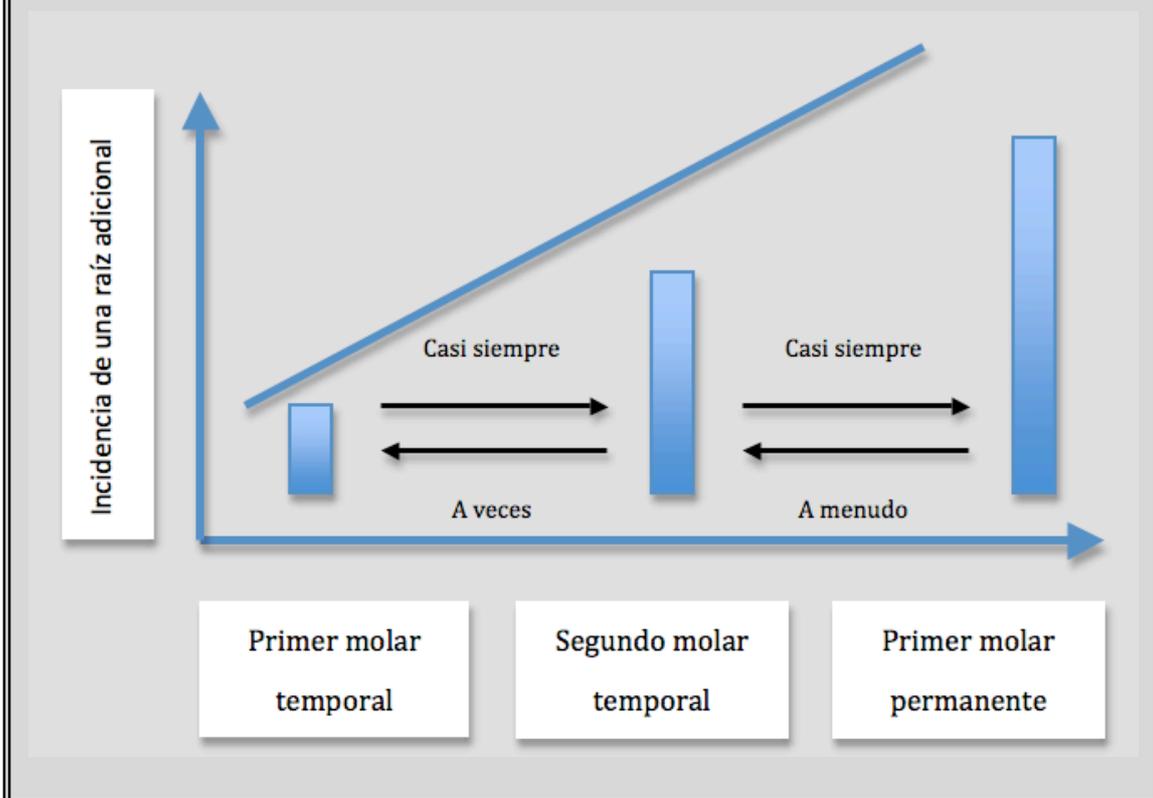
La presencia de una tercera raíz en los M1 inferiores es un rasgo anatómico característico de poblaciones con rasgos mongoloides (indios americanos, esquimales y chinos) donde se considera como una variante morfológica normal. Ha demostrado poseer un alto grado de penetrancia al reflejar su dominio en las poblaciones mixtas de esquimales y caucásicos, donde mantienen un alto porcentaje de incidencia. Tiene un cierto impacto como marcador genético y, por tanto, importancia antropológica. Además de la genética, factores externos durante la odontogénesis pueden también ser responsables de las raíces supernumerarias (Schäfer y cols. 2009).

En cuanto a la bilateralidad de esta anomalía, hay resultados contradictorios y diversas metodologías empleadas. Estudios realizados en la población taiwanesa (Tu y cols. 2007, 2009), ambos in vivo, uno mediante radiografías periapicales y otro utilizando CBCT, y seleccionando pacientes con la presencia bilateral de los dos M1 inferiores, aportan resultados similares en ambos trabajos. Demuestran una mayor incidencia de 3M1 inferior en el lado derecho y no encuentran diferencias significativas entre hombres y mujeres. La metodología del más reciente se basa en la CBCT de 744 pacientes para evaluar la presencia de una tercera raíz. Hacen criterios de selección como que los pacientes tengan los M1 inferiores totalmente erupcionados de manera bilateral, que tengan los ápices formados, no endodoncias, ni coronas, ni postes. Finalmente, 123 pacientes con 246 M1 inferiores fueron estudiados. La presencia de una tercera raíz ascendió al 25.61%. No hubo diferencias significativas entre hombres o mujeres, pero sí una elevada predilección por el lado derecho y en un 53.65% se presenta de forma bilateral (Tu y cols. 2009).

Song y cols. (2010) han publicado un estudio sobre la incidencia de la tercera raíz en el M1 inferior con la mayor muestra de la literatura. En pacientes sometidos a un estudio radiográfico de Tomografía Computarizada, aplican criterios de inclusión menos estrictos que Tu y cols. (2009), quienes sólo incluyen pacientes con presencia bilateral del M1 inferior; finalmente, obtienen resultados similares. Examinan 3088 molares y determinan que hay una predilección por el lado derecho y una bilateralidad del 54.6%. Otros estudios similares pero bidimensionales (Tu y cols. 2007, Yew y Chan 1993, Huang y cols. 2007) mostraron porcentajes inferiores.

Song y cols. (2009) publicaron un estudio analizando la presencia de la tercera raíz en niños que tuviesen en boca al mismo tiempo el primer molar inferior permanente y los dos molares inferiores temporales. La incidencia de la tercera raíz en el M1 inferior asciende al 33.1%. Un dato interesante de este estudio es ver la incidencia y relación de la raíz adicional en los molares permanentes y temporales (**Figura 6**). Song y cols. (2009) demuestran que hay una relación directa, de tal modo que si encontramos un primer molar temporal con tres raíces, es muy probable que el segundo molar temporal también las tenga, y más probable aún que el M1 inferior permanente posea la raíz adicional.

Figura 6. Relaciones entre la incidencia de la raíz distolingual en M1 inferiores temporales y permanentes (Song y cols. 2009).



2.1.2. Características de la raíz accesoria.

La presencia de una tercera raíz o raíz accesoria en los molares inferiores puede darse en la cara vestibular o en la lingual. En el primer caso, se denomina “radix paramolaris” (RP) y en el segundo caso, “radix entomolaris” (RE).

Cuando se habla de una tercera raíz en un molar inferior, generalmente se da por supuesto que se hace referencia a una raíz distolingual, pero esto no es siempre así. Carlsen y Alexandersen (1990) examinaron una amplia muestra de raíces accesorias en molares inferiores y establecieron una serie de variaciones morfológicas con respecto a la tercera raíz.

Las “radix entomolaris” pueden situarse en cualquier parte de la cara lingual de los molares inferiores, estableciendo los autores 4 tipos de sistemas radiculares en estos molares:

Tipo A: La parte distal del complejo radicular está compuesta por tres estructuras cónicas: vestibular, medial y lingual. La vestibular y la medial siempre están unidas formando la raíz distal, con un surco entre ellas más o menos pronunciado. La lingual puede estar como una raíz independiente (raíz distolingual), o unida a la raíz distal pero con un surco pronunciado que la delimita.

Tipo B: La parte distal del complejo radicular está compuesta por dos estructuras cónicas de tamaño similar, que pueden o no estar separadas, una situada en vestibular y la otra en lingual (raíz distolingual). Cuando aparecen juntas, un pronunciado surco las delimita claramente.

Tipo C: La situación es similar al tipo A pero en la zona mesial del complejo radicular. Habría, por tanto, una raíz mesial y una mesiolingual, aunque pueden estar unidas.

Tipo AC: En este caso, si observando el molar desde lingual, se pueden ver tres estructuras: mesial, central y distal. Esta raíz accesoria situada en el centro de la cara

lingual puede estar o no separada. Si aparece unida, dos claros surcos la diferencian de la raíz distal y de la mesial.

Tabla 10 (Carlsen y Alexandersen 1990)
Distribución de las raíces entomolares de acuerdo al tipo de molar inferior y al tipo de variante

	M1	M2	M3	Total
Tipo A RE separada	62	25	88	175
Tipo A RE no separada	4	11	86	101
Tipo B RE separada	0	2	25	27
Tipo B RE no separada	0	2	14	16
Tipo C RE separada	0	4	22	26
Tipo C RE no separada	0	5	26	31
Tipo AC RE separada	0	3	15	18
Tipo AC RE no separada	0	1	3	4
Total	66	53	279	398

La muestra disponible de estos autores abarcaba 398 “radix entomolaris”. Su distribución de acuerdo a cada uno de los molares inferiores se expone en la **tabla 10**. Si observamos los datos del M1 inferior, vemos que el 100% de las raíces accesorias

linguales encontradas se sitúa en distal y casi siempre (94%) como una raíz independiente de la raíz distal (Tipo A separada).

Además de la amplia muestra de raíces entomolares, Carlsen y Alexandersen (1991) disponen también de una muestra de 203 raíces supernumerarias de molares inferiores situadas en su cara vestibular (“radix paramolaris”).

Distinguen dos tipos, una situada en la parte mesial de la cara vestibular (tipo A), que puede aparecer como una raíz independiente o unida al sistema radicular mesial, y otra en el centro de la cara vestibular (tipo B). En la **tabla 11**, que muestra la distribución de las raíces paramolares en los molares inferiores, observamos que pueden presentar una raíz accesoria en vestibular, siempre en la misma posición mesiovestibular.

	M1	M2	M3	Total
Tipo A RP separada	1*	24	36	61
Tipo A RP no separada	4	36	86	126
Tipo B RP separada	0	2	12	14
Tipo B RP no separada	0	0	2	2
Total	5	62	136	203

*Este diente fue identificado intraoralmente.

A pesar del elevado número de ejemplares de raíces accesorias descritos por Carlsen y Alexandersen en sus dos publicaciones (1990 y 1991), no nos aportan información sobre la incidencia de esta anomalía en la población danesa. Todos los especímenes se fueron recopilando gracias a la aportación de los dentistas generales pero no hay datos sobre cuántos dientes fueron extraídos, sobre la edad, el sexo o la raza de los pacientes.

La raíz accesoria, también ha sido clasificada en función de su curvatura (Ribeiro y Consolaro 1997). En ella podemos diferenciar tres tipos (**Figura 7**):

- ◆ **Tipo I** Cuando es una raíz recta.
- ◆ **Tipo II:** Cuando presenta una curvatura de entrada y luego continúa recta.
- ◆ **Tipo III:** Con una curvatura inicial de entrada seguida de otra curva orientada hacia vestibular que puede comenzar en el tercio medio o apical.

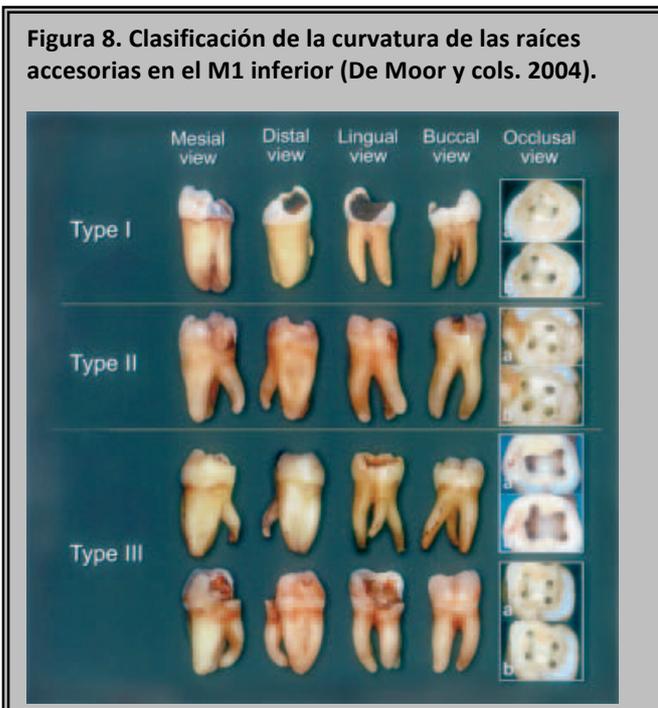
Figura 7. Tipos de curvatura de la raíz accesoria (Ribeiro y Consolaro 1997)



En las **figuras 7 y 8** podemos ver ejemplos de todos ellos. El primer tipo es raro de encontrar.

Generalmente suelen mostrar curvaturas del tipo II y III. Se debe modificar la clásica apertura de forma triangular de los molares inferiores, lo que nos va a permitir obtener un acceso directo a la raíz distolingual, para poder trabajar su curvatura, en caso de existir, con el menor riesgo posible de errores iatrogénicos.

Figura 8. Clasificación de la curvatura de las raíces accesorias en el M1 inferior (De Moor y cols. 2004).



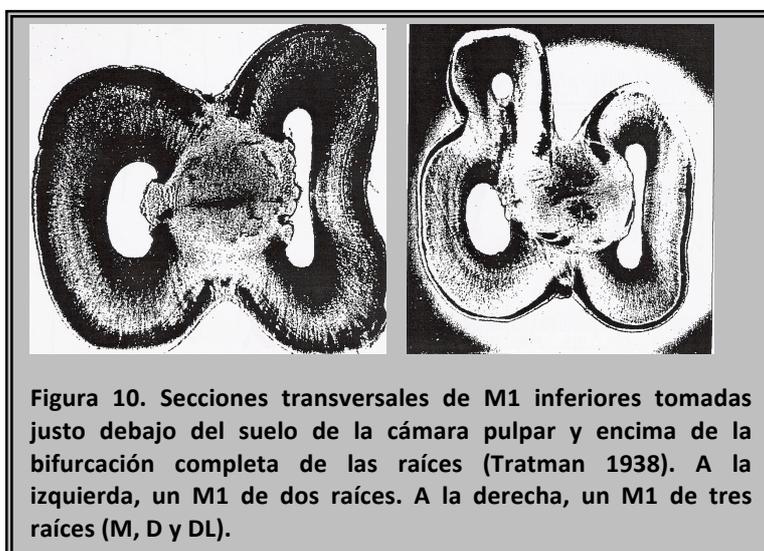
La clasificación de Ribeiro y Consolaro (1997) hace referencia al plano VL, pero también pueden existir

curvaturas severas en sentido MD, como se puede apreciar en la **figura 9** (Calberson y cols. 2007) Esto dificulta aún más su instrumentación y aumenta la posibilidad de errores iatrogénicos.



En cuanto a su morfología, suele ser eumórfica; es decir, semejante a una raíz normal aunque siempre cónica, con un solo conducto en su interior y con una longitud media 2 mm menor que la raíz distal del molar correspondiente (Ribeiro y Consolaro 1997). En otras ocasiones se puede encontrar como una corta extensión cónica (Calberson y cols. 2007).

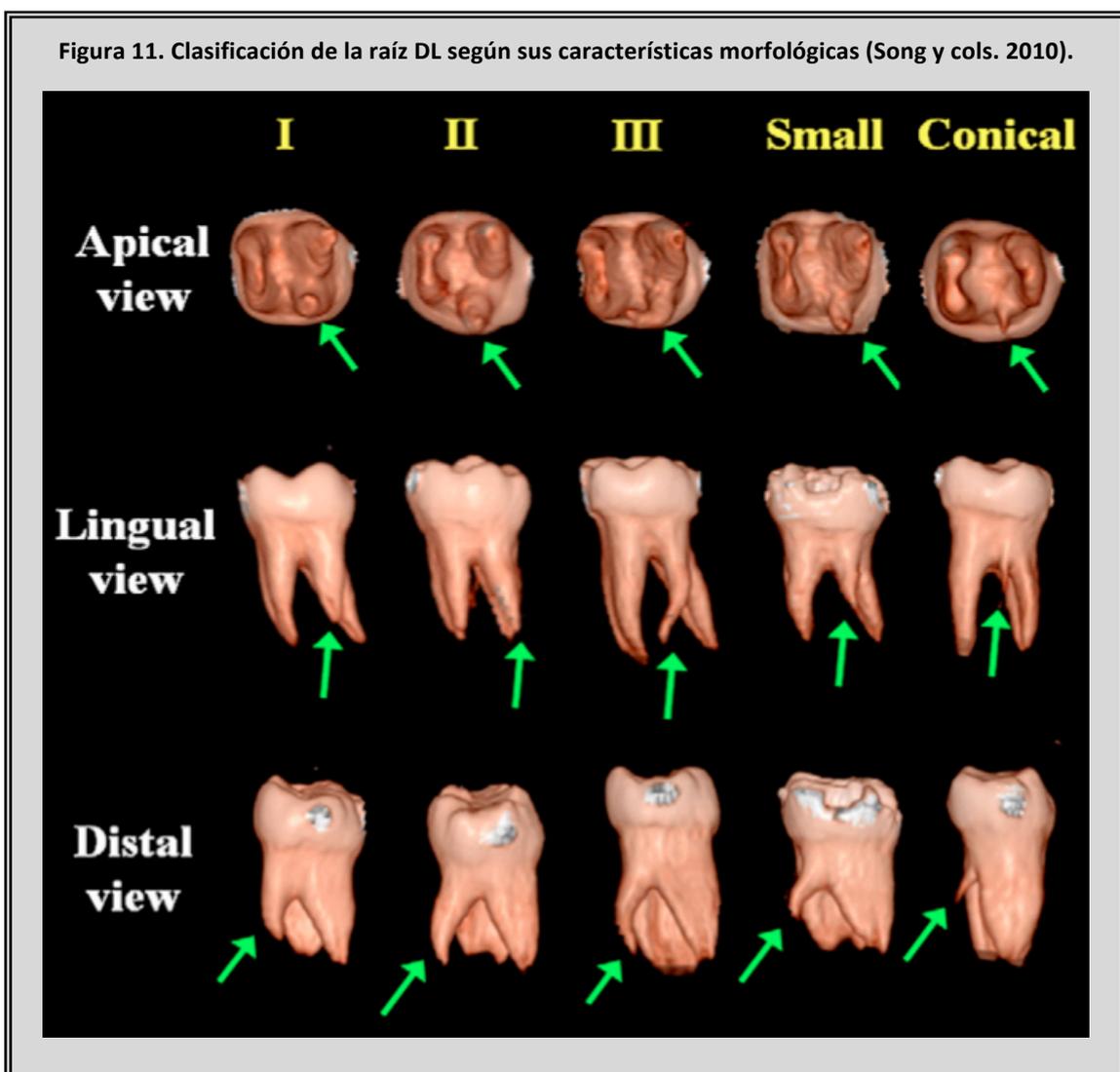
Su sección, a diferencia de las otras dos raíces de los M1 inferiores, es siempre circular (Curzon y Curzon 1971), como es posible observar en la **figura 10**.



En el estudio realizado por Chen y cols. (2009a) en una población de Taiwán sobre 293 M1 inferiores, se obtuvo una incidencia de la tercera raíz del 9.9%. Con las raíces DL que no se rompieron durante la extracción

(21 en total) hacen diversos estudios. Encuentran que la longitud de la raíz DL es de media 1,48 mm más corta que la DV. La curvatura en el plano VL es mucho más pequeña que la que presentan en el plano MD, con una media de 36.35°. El 90.5% de las raíces DL presentan una curvatura severa en el plano MD de acuerdo con la clasificación de Schneider (1971). El ángulo de curvatura se suele situar en el tercio medio, aunque también en el apical.

En uno de los artículos más recientes publicados sobre esta anomalía anatómica (Song y cols. 2010) los autores amplían la clasificación propuesta por Ribeiro y Consolaro (1997) con dos morfologías nuevas. La clasificación final (**Figura 11**) sobre la raíz accesoria, agrupa tanto la morfología como las curvaturas y a los tipos I, II y III ya mencionados, añade dos posibilidades:



- ◆ **Pequeña:** la longitud de la raíz accesoria es menor de la mitad que la raíz distovestibular.
- ◆ **Cónica:** extensión en forma de cono.

Su diagnóstico debe basarse en un adecuado análisis radiográfico. Son necesarias proyecciones distalizadas y mesializadas para poder observar con claridad la diferenciación de las tres raíces, pues generalmente si la raíz accesoria se sitúa en el mismo plano que la raíz distal pueden superponerse en una toma ortorradiaral. Tratar un M1 inferior sin radiografías iniciales con diferentes ángulos de proyección puede llevar a que terceras raíces pasen desapercibidas (Jerome y Hanlon 2007, Segura-Egea y cols. 2002).

La toma de varias proyecciones cambiando la angulación, tanto en el plano horizontal como vertical, suele ser útil en estos casos. Una lima situada en dicha raíz, puede dar la apariencia radiográfica de una perforación (Gulabivala y cols. 2001). Si los datos radiográficos no son definitivos, la información de un localizador electrónico de ápices nos permitirá confirmar el diagnóstico de la raíz adicional (De Pablo y cols. 2008). Con el fin de determinar con exactitud la posición vestibular o lingual de esta raíz extra, Sperber y Moreau (1998) proponen realizar una radiografía oclusal del maxilar inferior. No obstante, Walker y Quackenbush (1985) llevaron a cabo un estudio donde demostraron que un minucioso análisis de radiografías interproximales, permite la detección de la raíz DL en un 90% de los casos. Para determinar con exactitud el radio de curvatura, puede ser necesario el uso de una técnica de imagen tridimensional como la CBCT (Abella y cols. 2011).

La presencia de una cúspide accesoria en la anatomía coronal no tiene por qué indicar que obligatoriamente se vaya a encontrar una raíz extra. Sin embargo, la presencia de una raíz accesoria, siempre va acompañada de cambios en la anatomía oclusal, con un aumento del número de cúspides (Sperber y Moreau 1998). Estos autores encontraron 15 M1 inferiores con raíces accesorias y el 100% de esos molares presentaban 6 cúspides y 4 conductos. El uso de una sonda periodontal para analizar la morfología cervical del M1 también puede facilitar en ocasiones el diagnóstico de la raíz accesoria (Calberson y cols. 2007). Esta exploración se ve facilitada en los casos de enfermedad periodontal, si la inserción gingival ha bajado por debajo del cuello, la sonda detectará fácilmente la protuberancia de la tercera raíz (Tratman 1938).

Aunque la naturaleza de esta raíz accesoria es muy variable siempre presenta tejido pulpar, incluso si es corta. La **tabla 8** muestra que independientemente de su morfología externa, la configuración de conductos interna es siempre la misma, presentando un conducto único (Tipo I de Vertucci) y un solo foramen apical.

La importancia de la presencia o ausencia de la raíz DL afecta de manera directa a antropólogos, pero también a varias especialidades odontológicas (Ribeiro y Consolaro 1997). Esta raíz presenta un elevado riesgo de fractura durante una extracción dentaria, sobre todo debido a la brusca curvatura que suele presentar hacia vestibular en su tercio apical. La estabilidad extra que aporta la tercera raíz dificulta la extracción y favorece la fractura. Si esta ocurre, el pequeño fragmento es difícil de remover sin eliminar una considerable cantidad de hueso. Por tanto, quizá en estos casos las extracciones con colgajo sean un procedimiento más ventajoso que una extracción con el método habitual (Tatman 1938).

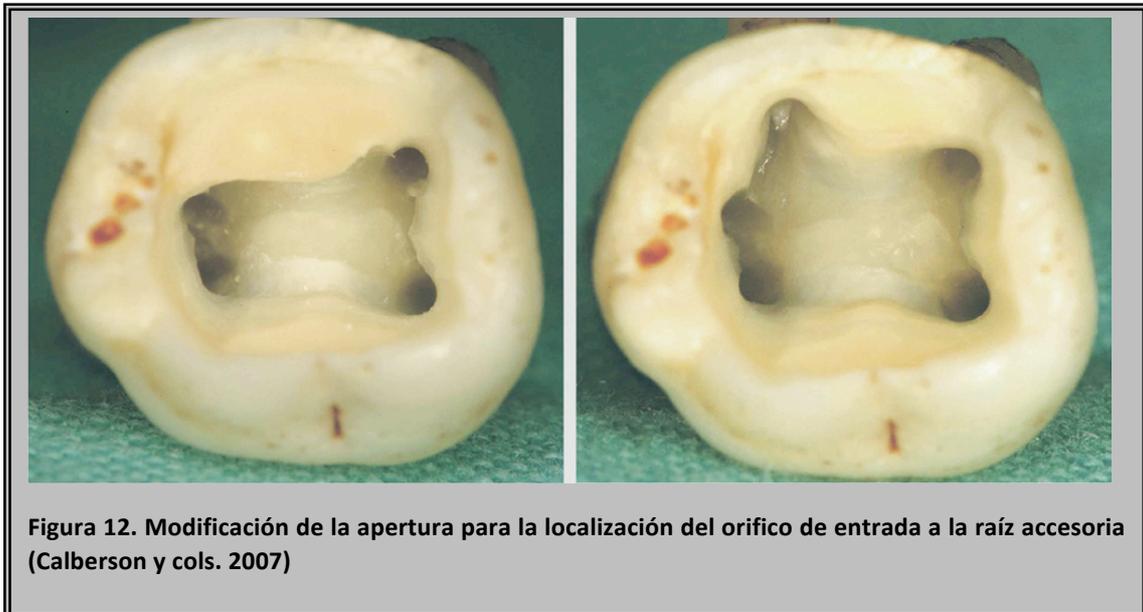
Cuando la enfermedad periodontal alcanza la región de la furca de un molar con raíz supernumeraria empeora el pronóstico de la lesión, debido a la dificultad del tratamiento y a la complicación que supone por parte del paciente conseguir una higiene adecuada. La presencia de la raíz distolingual en los primeros molares mandibulares puede contribuir a la destrucción periodontal localizada, especialmente en dientes con periodontitis avanzada. Se ha observado mayor pérdida ósea en molares con tres raíces, comparada con molares de dos raíces (Huang y cols. 2007).

Para los ortodoncistas puede ser una dificultad en su tratamiento, si pretenden desplazar el molar con tres raíces; o una ventaja añadida, si lo van a utilizar como anclaje.

No se debe olvidar la necesidad de localizar esta raíz y su sistema de conductos para lograr un tratamiento endodóntico satisfactorio. Si fuera necesario realizar una cirugía endodóntica, esta tercera raíz supondrá un reto importante (Jerome y Hanlon 2007). Se ha relacionado de forma directa la incapacidad de reconocer y tratar su sistema de conductos con el fracaso del tratamiento endodóntico e incluso la extracción del diente (Tu y cols. 2007). En un estudio epidemiológico sobre la permanencia de dientes en boca tras un tratamiento de conductos convencional en una extensa población de Taiwán, la frecuencia de eventos desafortunados en molares inferiores muestra un 70.1% de extracciones frente a un 27.2% de retratamientos o 2.7% de cirugías apicales. Las extracciones en molares inferiores son más frecuentes que en los dientes anteriores o los premolares. Según los autores, la elevada prevalencia de la raíz DL y su posible falta de interpretación por parte de los

dentistas generales durante el tratamiento de conductos contribuye de forma directa a aumentar la tasa de extracciones de molares inferiores en Taiwán.

El profesional que vaya a tratar o retratar un M1 inferior, especialmente si el paciente tiene ascendencia asiática, debe estar precavido ante la posible aparición de una tercera raíz (Tu y cols. 2007). En publicaciones más antiguas, podemos leer de la mano de los propios autores cómo el descubrimiento del orificio del conducto DL, con su sangrado correspondiente, fue identificado en un primer momento como una perforación (Stroner y cols. 1984). En los primeros molares inferiores siempre se debe sospechar su presencia y, además del estudio radiográfico inicial para visualizarla, se debe realizar un cuidadoso examen de la cámara pulpar para ubicar la entrada al sistema de conductos radicular (Calberson y cols. 2007).



La localización del orificio de entrada del conducto de la raíz distolingual tiene implicaciones importantes en la cavidad de acceso endodóntico (**Figura 12**). Dicha entrada se localiza ligeramente mesial y hacia lingual con respecto al conducto o conductos principales de la raíz distal. Es necesaria la realización de una extensión de la apertura clásica, descrita como triangular o rectangular, hacia una forma trapezoidal. Si el orificio de entrada a la raíz accesoria no es visible tras la remoción del techo de la cámara pulpar, se debe realizar una inspección más rigurosa del suelo y las paredes pulpares, especialmente en la región distolingual. El empleo de la

magnificación mediante lupas, cámaras intraorales o el microscopio operatorio puede ser de gran ayuda. Con frecuencia se puede ver en el suelo de la cámara pulpar una línea oscura que al llegar a su fin indica la localización precisa de la entrada al conducto. Las paredes pulpares distal y lingual deben ser exploradas con una sonda angulada, para revelar aposiciones de dentina o remanentes del techo pulpar que puedan estar enmascarando la entrada al conducto.

Debido al brusco ángulo de entrada al conducto de esta raíz, está indicado un desgaste compensatorio hacia la cara lingual del mismo para conseguir un acceso más recto a sus tercios medio y apical. No obstante, para evitar perforaciones o strippings en su tercio coronal, se debe tener cuidado de no remover excesivas cantidades de dentina y no está indicada la colocación de un poste en su interior (Gu y cols. 2011). Con el mismo objetivo y para evitar forzar nuestros instrumentos rotatorios, debemos seleccionar la cúspide DV como referencia para determinar su longitud de trabajo.

Además de la disposición de su tercio coronal, este conducto suele presentar un tercio apical orientado hacia vestibular formando un ángulo más o menos pronunciado con el eje mayor de la raíz (**Figura 13**). Este tipo de anatomía suele cursar con errores iatrogénicos durante la preparación biomecánica tales como enderezamiento del conducto, escalones, perforaciones hacia la cara interna de la raíz (stripping), transportes apicales y pérdida de la longitud de trabajo (**Figura 14**). Por ello, tras la localización y modificación del acceso, se debe permeabilizar con limas

finas y obtener una buena vía de deslizamiento antes de su conformación con los instrumentos rotatorios.

Éstos deben ser de níquel-titanio, finos y flexibles, realizando una preparación más centrada que mantenga la anatomía original de la raíz (**figuras 15 y 16**). No obstante, puede ocurrir la fractura de un

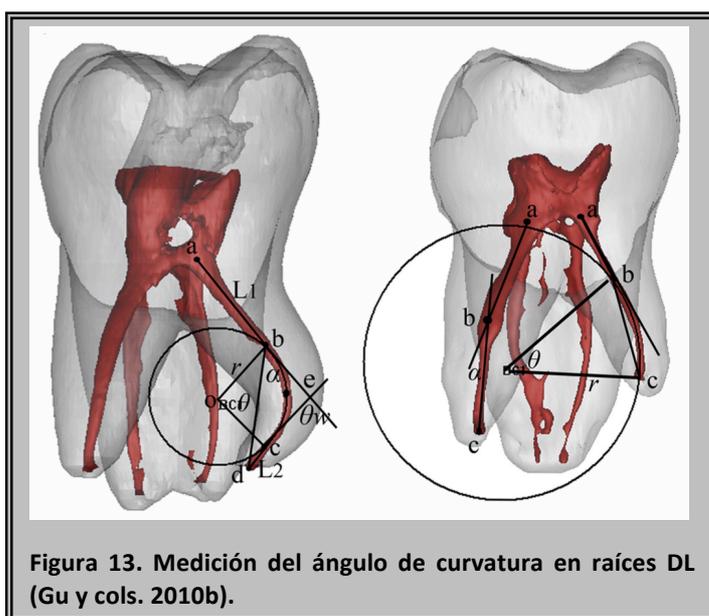
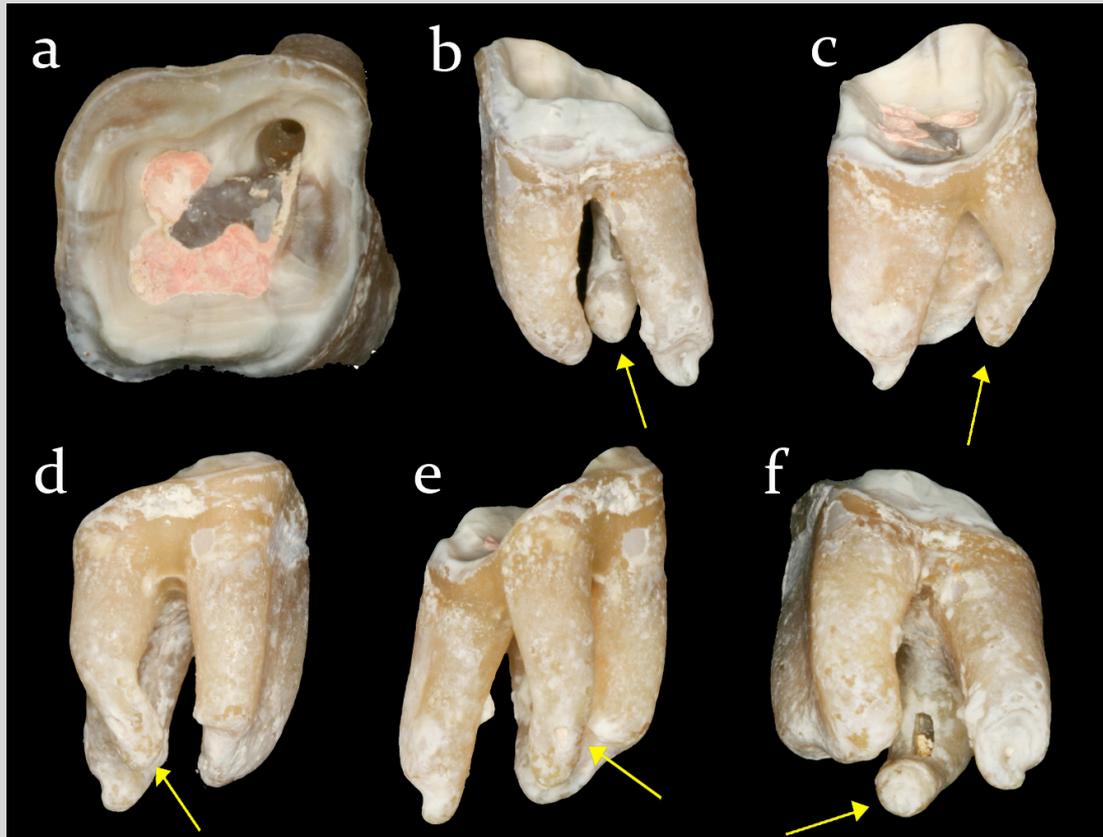


Figura 13. Medición del ángulo de curvatura en raíces DL (Gu y cols. 2010b).

instrumento, sobre todo cuanto más estrechas y curvas sean las raíces (Abella y cols. 2011).

Figura 14. Imágenes de un M1 inferior con tres raíces, extraído a causa de un error iatrogénico durante la preparación. La flecha amarilla indica la posición de la raíz DL. A: Visión oclusal, que muestra la extensión hacia DL de la apertura. B: Visión de la cara vestibular, ligeramente mesializada. C: Visión distal. D: Visión lingual. E: Visión desde disto-lingual. F: Imagen de un stripping en la cara interna de la raíz DL.



En cuanto a su etiopatogenia, no está clara. En las raíces supernumerarias consideradas dismórficas, su formación puede estar relacionada con factores externos durante la odontogénesis, o a la penetración de un gen atávico o a un sistema poligenético (el atavismo es la reaparición de un rasgo tras varias generaciones de ausencia) (Ribeiro y Consolaro 1997). En las raíces eumórficas, sobre todo considerando las razas de origen mongoloide en las que esta anomalía se considera como una variante anatómica normal, los factores raciales genéticos influyen en la expresión más profunda de un gen en particular que resulta en una manifestación fenotípica más pronunciada (Calberson y cols. 2007). Curzon (1974) sugirió que el rasgo de “molar con tres raíces” tiene un alto grado de penetrancia genética, pues su

dominancia se refleja en el hecho de que la prevalencia de este rasgo fue similar en eskimo puros y en el mixto entre eskimo/caucásicos. Ribeiro y Consolaro (1997) plantearon varias preguntas interesantes, aún sin contestar:

- ◆ ¿Por qué hay una mayor prevalencia de esta raíz en las poblaciones asiáticas, aceptándose como hipótesis una manifestación atávica?
- ◆ ¿Existe algún factor ambiental induciendo esta frecuencia más alta?
- ◆ ¿Cuál es el significado en la evolución filogenética del hombre de esta raíz supernumeraria?

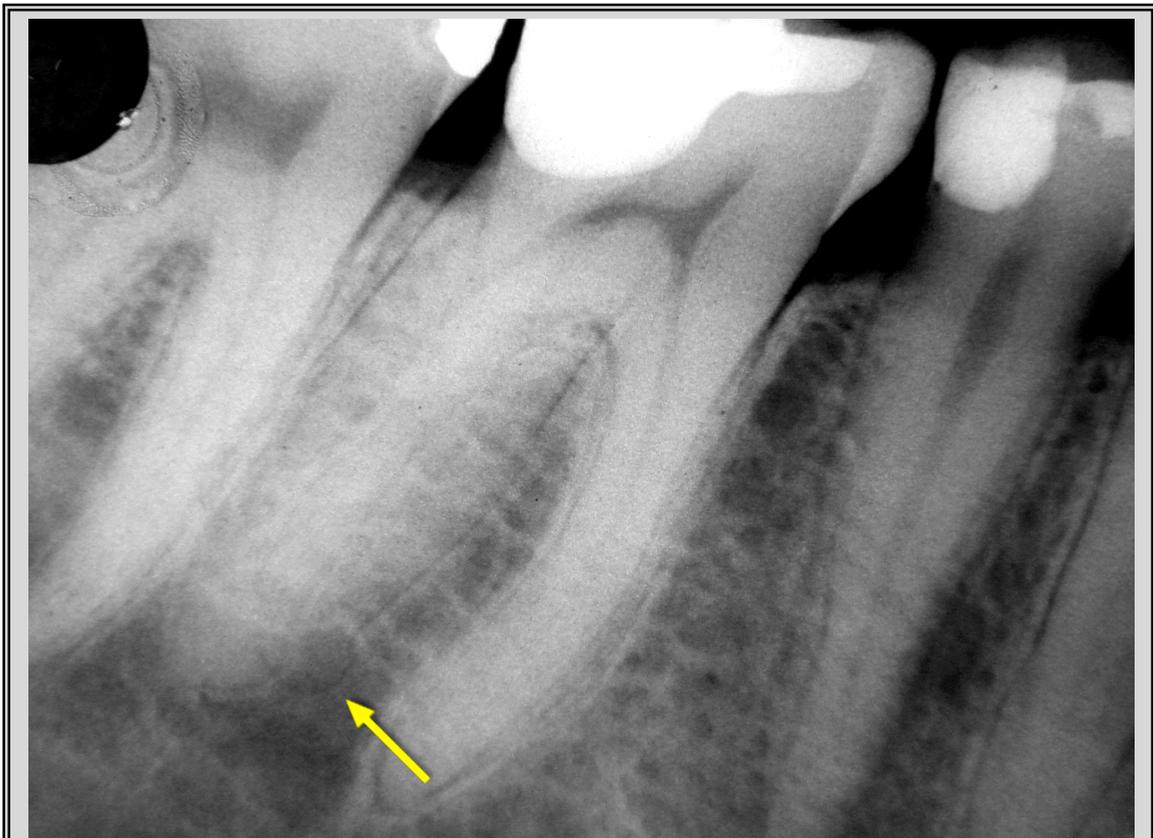


Figura 15. Radiografía de un M1 inferior derecho: se aprecia la presencia de una tercera raíz y la curvatura de su tercio apical (flecha amarilla).

Ya en 1974, Curzon (1974) demostró la elevada penetrancia de la tercera raíz en los M1 inferiores de los esquimales (21.7%), y por tanto también en los esquimales-caucásicos. Este hecho también aparece en otras características morfológicas dentales como los incisivos con forma de pala y la ausencia del tubérculo de Carabelli. El autor sugiere, por tanto, que los patrones genéticos dentales de los esquimales, tal y como se expresa en la morfología dental, son dominantes sobre los caucásicos. Esta dominancia se encuentra incluso en gente con parentesco mitad esquimal, mitad caucásico, y puede incluso ocurrir cuando sólo uno de los abuelos es un esquimal.

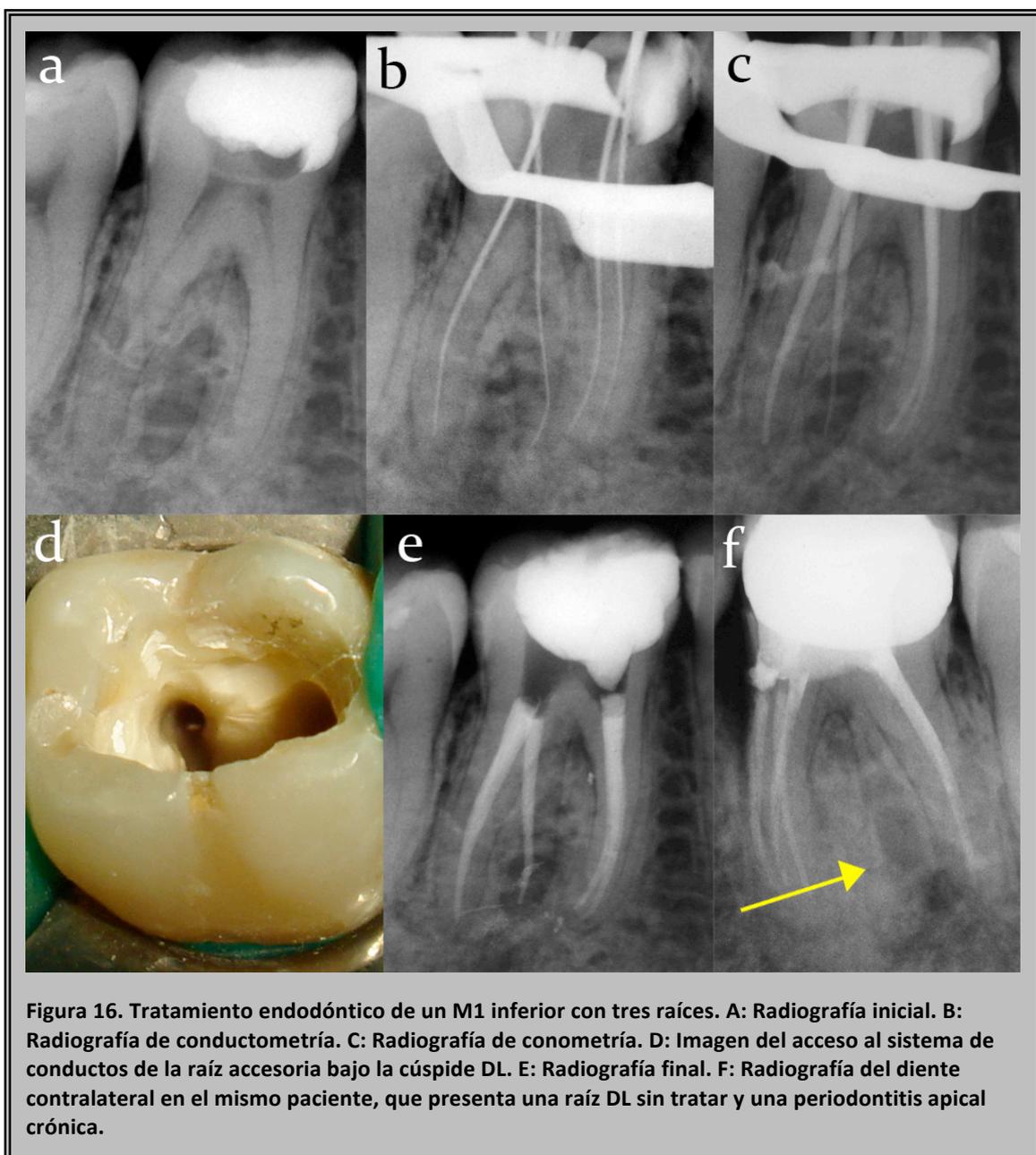


Figura 16. Tratamiento endodóntico de un M1 inferior con tres raíces. A: Radiografía inicial. B: Radiografía de conductometría. C: Radiografía de conometría. D: Imagen del acceso al sistema de conductos de la raíz accesoria bajo la cúspide DL. E: Radiografía final. F: Radiografía del diente contralateral en el mismo paciente, que presenta una raíz DL sin tratar y una periodontitis apical crónica.

Curzon y Curzon (1971), analizando varias poblaciones Keewaitin, obtuvieron un 48% de incidencia de la tercera raíz. Su explicación a tan elevado porcentaje de aparición de la raíz accesoria es la acentuación de un factor genético ya visto en otras poblaciones mongoloides, debido a la endogamia. Younes y cols. (1990) desarrollaron un estudio sobre la prevalencia de terceras raíces en molares inferiores y acabaron concluyendo en la necesidad de realizar manuales específicos para tratar este tipo de molares, tanto en el campo de la endodoncia, como en otras especialidades.

2.2. Sistema radicular de conductos.

Dentro de los numerosos trabajos disponibles sobre la anatomía interna del primer molar inferior, pocos de ellos hacen referencia al número total de conductos. Con frecuencia dividen su estudio entre la raíz distal y la mesial, pero no dan cifras globales. La **tabla 2** refleja los estudios en los que los autores hablan de porcentajes de conductos totales.

La metodología utilizada para determinar la morfología del sistema radicular de conductos es variada. Los métodos más actuales se basan en las técnicas tridimensionales. Reuben y cols. (2008) publicaron el primer estudio in vitro que utilizaba Tomografía Computarizada Helicoidal (STC) para evaluar la anatomía del M1 inferior. El resultado obtenido fueron secciones a diferentes alturas de la raíz, similar a las obtenidas con el cubo endodóntico (Kuttler y cols. 2001) pero con la ventaja de conservar intacto el diente a estudiar. Actualmente las imágenes obtenidas con STC, debido a su baja resolución, no pueden compararse con la riqueza de detalles, como anastomosis y conductos laterales, revelados por la transparentización.

Quizá la resolución que ofrece la microtomografía computarizada (MCT) sí pueda equipararse a la diafanización. Gu y cols. (2009) publican un estudio donde examinan los istmos en raíces mesiales de molares inferiores mediante MCT y muestran la capacidad de esta técnica para analizar el más mínimo detalle. Realizan cortes cada 15 μm , a diferencia de los cortes cada 0.65 mm del estudio de Reuben y cols. (2008). Huang y cols. (2010a) publican un estudio similar al de Reuben, pero utilizando la CBCT y los resultados difieren ampliamente. Según los autores, las diferencias se deben a que, por un lado, la CBCT ofrece una mayor resolución frente a la STC; y, por otra parte, el estudio dirigido por Huang es sobre una población de Taiwán, y en sus resultados se puede ver que un 25% de sus M1 inferiores presentan

3 raíces, pudiendo verse incrementado el porcentaje de molares con cuatro conductos. El estudio más reciente publicado (Zhang y cols. 2011), también mediante CBCT confirma los resultados de Huang y cols. (2010a), ambos en una población china.

Uno de los métodos ampliamente utilizados para el análisis de la configuración interna es la diafanización. En la **tabla 2** podemos observar cinco estudios realizados con esta técnica. Los más recientes de la literatura revisada (Al-Qudah y Awawdeh 2009, Chen y cols. 2009, Ahmed y cols. 2007) muestran los mayores porcentajes de 4 conductos en el M1 inferior (45.8%, 45.9% y 59% respectivamente). El trabajo publicado por Ahmed y cols. (2007), presenta una falta de similitud en su metodología con respecto a otros estudios, dificultando una comparación entre ellos. Por esta razón no hemos incluido sus datos en la **tabla 2**. Otros autores que también utilizan la diafanización, obtienen como resultado valores inferiores, y hablan de una incidencia del 21.1% al 30.5% (Rocha y cols. 1996, Gulabivala y cols. 2002). Sperber y Moreau (1998) emplean una metodología diferente, realizando cortes en M1 inferiores extraídos. El resultado fue un 25% de molares con cuatro conductos.

En los trabajos clínicos, la metodología empleada de manera frecuente es la observación retrospectiva de radiografías de dientes endodonciados. Los porcentajes obtenidos de M1 inferiores con 4 conductos se sitúan en un rango que va del 26 al 49% (Yew y Chan 1993, Suárez Feito y cols. 1995, Zaatar y cols. 1997, Fabra Campos 1983, 1985, Pattanshetti y cols. 2008). Sólo un estudio muestra valores por encima de éstos, que alcanzan el 58% (al-Nazhan 1999).

Fabra Campos (1985, 1983), en dos estudios diferentes, evalúa un total de 368 M1 tratados por él y obtiene un elevado porcentaje del 48% de molares con cuatro conductos, en su mayor parte debido a la existencia de dos conductos en la raíz distal, de los cuales la mitad se unen y la otra mitad terminan separados. Resultados prácticamente idénticos alcanza otro endodoncista que revisa sus propios casos (Furri y cols. 2007) y observa que un 43% de los molares presentan cuatro conductos. Establece, además, que la confluencia de los mismos en la raíz distal asciende al 72.7%. Pattanshetti y cols. (2008) publican otro estudio similar, también llevado a cabo por endodoncistas con varios años de experiencia y coinciden mostrando un 46.4% de M1 inferiores con cuatro conductos.

Podemos resumir los datos anteriores otorgando a los 5,535 M1 inferiores analizados por diversos autores, una incidencia de 3 conductos en un 59.4% y de 4 conductos en un 37.6%. Siempre teniendo en cuenta la posibilidad de encontrar molares con 5, 6 (Martínez-Berna y Badanelli 1985) y hasta 7 conductos (Reeh 1998).

2.3. Raíz mesial.

Habitualmente se describe la raíz mesial de los primeros molares mandibulares como única (**Figura 17**), muy aplanada en sentido M-D y ancha en sentido V-L, presentando siempre depresiones en la zona media (Al-Shammari y cols. 2001). Sin embargo, ciertos estudios in vitro mencionan la presencia de una bifurcación de su parte más apical, sin llegar a considerarla como dos raíces separadas (Rocha y cols. 1996, Onda y cols. 1989).



Dicha bifurcación, puede abarcar desde sólo el último milímetro hasta todo el tercio apical de la raíz. De Souza-Freitas y cols. (1971) observan un 4.5% en la incidencia de bifurcación de la raíz mesial en brasileños de ascendencia europea y un 2.8% en los de ascendencia japonesa con amplias muestras en ambos casos, mediante el estudio in vivo de radiografías. Onda y cols. (1989) observan en una población india un 26.3% de los M1 inferiores extraídos con una bifurcación de la raíz mesial, inferior a 1/3 de su longitud. Las raíces con bifurcación de su zona apical van a presentar dos conductos con forámenes apicales independientes. Esta variante anatómica suele ocurrir de forma bilateral y la mayor incidencia se registra en los primeros molares, siendo mucho menos frecuente en el segundo y tercer molares inferiores. En el estudio de Onda y cols. (1989), el único M1 inferior que presentó bifurcación de la raíz M y una raíz DL, presentaba una dimensión V-L de la corona

mayor que la M-D, volviendo a poner de manifiesto la estrecha relación entre la morfología coronal y la anatomía radicular.

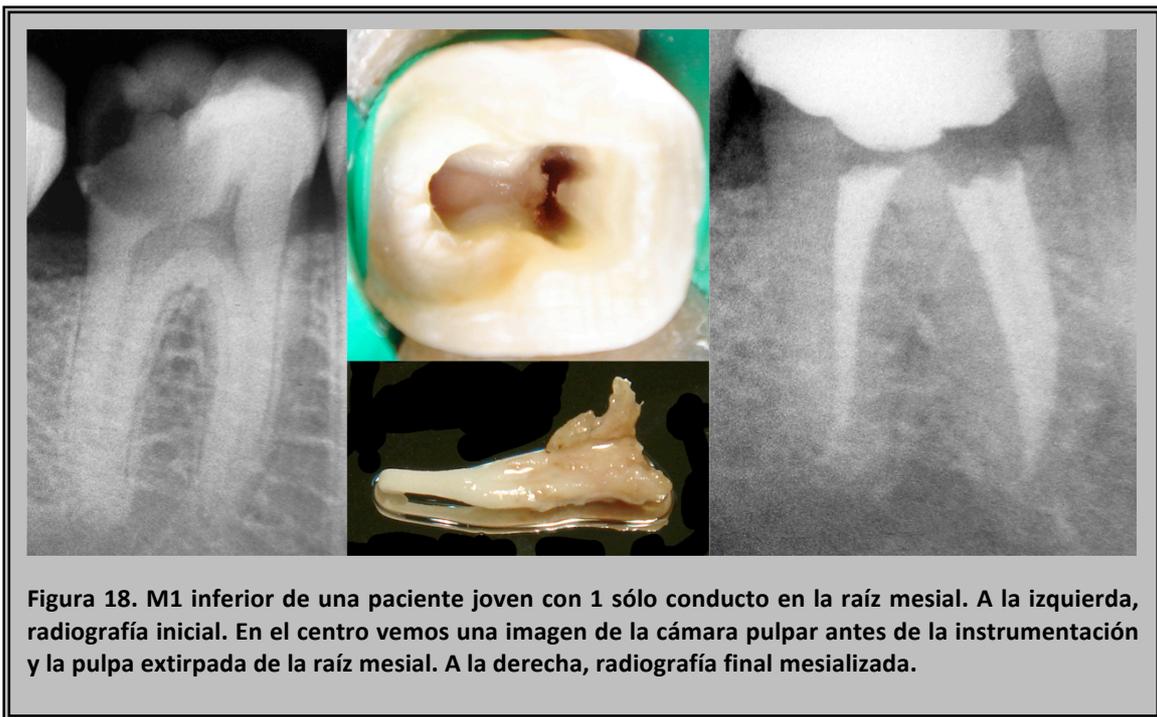
Rocha y cols. (1996) estudian la morfología externa de 232 M1 exodonciados y describen raíces mesiales únicas en un 62.48%, y parcialmente bifurcadas en un 31.58%. Al analizar el número de raíces de los M1 inferiores, que muestra la **tabla 1**, consideramos que para realizar una comparación más correcta entre las publicaciones reseñadas no debemos tomar en consideración la posibilidad de la bifurcación en la raíz mesial como dos raíces. Por lo tanto, cuando hablamos de una raíz accesoria en molares inferiores nos referimos a la presencia de una raíz DL.

2.3.1. Morfología de conductos.

Los primeros molares permanentes erupcionan sobre los 6 años y terminan la maduración de su raíz sobre los 9 años. Hess (1921) explicó que la diferenciación de los conductos radiculares aparece sólo tras el completo desarrollo de la raíz, marcado por el cierre del foramen apical. Varios investigadores confirman que la raíz mesial de los M1 inferiores tiene un único conducto hasta los 11 años (**Figura 18**). En los M1, la diferenciación de los conductos radiculares no termina hasta 3-6 años tras el fin del desarrollo radicular. Entre los 12 y los 20 años podemos observar patrones mixtos en la configuración de conductos y, por tanto, estos años parecen ser una época de transición para la diferenciación de conductos. Durante este periodo, la aposición de dentina secundaria en dirección mesiodistal dentro de la raíz, en los tres tercios radiculares, produce la diferenciación en varios conductos.

Si la nueva dentina se genera principalmente en los tercios apical y medio de la raíz, el resultado es una configuración con dos conductos independientes. Si la aposición predomina en el tercio coronal, será una configuración tipo II de Vertucci. Si se producen numerosas particiones, hay una diferenciación extensa del sistema de conductos en forma reticular en la que tres o más conductos longitudinales pueden diferenciarse dando lugar a un tipo VIII de Vertucci o configuraciones adicionales. El estudio llevado a cabo por Peiris y cols. (2008) confirma que la diferenciación de conductos termina a los 30-40 años. Refieren que al principio la raíz mesial tiene sólo una gran conducto y que a partir de los 11 años comienza la aposición de dentina secundaria de mesial a distal para formar dos conductos independientes. Al principio hay intercomunicaciones muy grandes y poco a poco, al formarse más dentina

secundaria, esas grandes comunicaciones se dividen en otras más pequeñas y numerosas. Esa es la razón de que el número de intercomunicaciones vaya aumentando desde los 11 a los 40 años. A partir de ahí, con el avance de la edad, los futuros apósitos de dentina secundaria, en un lento proceso, darán lugar a un estrechamiento del sistema de conductos y una desaparición de las anastomosis transversales y los conductos laterales (Peiris y cols. 2008).



Gulabivala y cols. (2001) concluyeron que la complejidad interna de una raíz viene predeterminada por su forma externa. Observaron que las raíces anchas y planas presentan una probabilidad mucho mayor de contener múltiples conductos y ramificaciones interconducto, comparadas con las raíces más cónicas. A diferencia de la raíz distal, como la raíz mesial siempre adopta una configuración amplia en sentido vestibulolingual y aplanada en sentido mesiodistal, muestra gran variedad de configuraciones de conductos. Vertucci (1984) enumeró ocho tipos, pero con el paso del tiempo, otros autores han ido añadiendo más configuraciones (**Figura 4**). En 1973, Green (1973) publicó un estudio titulado “Dobles conductos en raíces únicas”, donde realizó una evaluación de la configuración interna de todas las raíces dentarias con excepción de los incisivos centrales superiores. En sus resultados podemos leer: “la

raíz mesial de los molares mandibulares tiene el mayor porcentaje de dos conductos desde la cámara pulpar". En nuestra revisión (De Pablo y cols. 2010), no hemos incluido sus datos sobre anatomía interna, pues no diferencia entre primeros y segundos molares inferiores.

La **tabla 4a**, muestra la amplia variabilidad en la configuración del sistema de conductos en la raíz mesial. Hemos reflejado las configuraciones de conductos más frecuentes; generalmente hay dos conductos que pueden o no unirse antes de llegar a la zona apical (tipos II y IV respectivamente), cuyas frecuencias son del 35% y del 52.3%. Tres estudios in vitro marcan los extremos de la configuración tipo II dentro de los valores encontrados. El publicado por Ahmed y cols. (2007) sobre una población sudanesa es uno de los más recientes y muestra tan sólo un 14%. Su metodología no es comparable con otras, puesto que emplea la diafanización pero no inyecta tinta. En la misma línea, Gu y cols. (2010a) hablan de un 11.1% de incidencia en la configuración tipo II. Sus resultados tampoco son comparables a los demás, puesto que la muestra sometida a mCT es exclusivamente de M1 inferiores con tres raíces.

El estudio clínico realizado en Kuwait por Pattanshetti y cols. (2008) presenta una tabla sobre el porcentaje o incidencia de la configuración tipo II en la raíz mesial sin describir detalladamente cómo lo determinan y obtienen una incidencia del 74.5%. Su estudio estaba enfocado a determinar el número de conductos en la raíz distal. Otros estudios con elevados porcentajes del 57.1 y 56.5% son los de Zaatari y cols. (1997,1998) o el realizado por Al-Nazhan (1999) en 251 muestras de una población saudita, avalando sus resultados con un 52.6%. Es cierto que varios estudios in vitro utilizando la transparentización muestran valores similares en la configuración tipo II entorno al 20% (Peiris y cols. 2007, Ahmed y cols. 2007, Gulabivala y cols. 2001, Gulabivala y cols. 2002, Wasti y cols. 2001, Vertucci 1984) pero también hay otros, con metodología parecida, cuyos valores superan el 40% (Sert y cols. 2004, Rocha y cols. 1997). Según estos autores, las diferencias pueden estar originadas en la dificultad de algunas técnicas para diferenciar claramente si dos conductos se unen o no para compartir un mismo foramen apical.

Además de conocer la frecuencia de las diferentes variaciones morfológicas, una guía para orientarnos sobre la posible configuración que van a adoptar los conductos mesiales es evaluar la distancia entre ambos. Se ha demostrado que cuando los orificios de entrada en el suelo de la cámara pulpar están más juntos, la disposición de los mismos suele llevar a su confluencia y a terminar en un foramen común. Sin embargo, cuando aumenta su separación, se incrementan las

posibilidades de encontrar una configuración tipo IV de Vertucci con dos forámenes independientes (Cimilli y cols. 2006). Otra conclusión de los mismos autores es que en las raíces mesiales donde se unen los conductos, la curvatura inicial (en sentido VL) de los mismos es mayor que cuando discurren separados.

En cuanto al número de forámenes apicales presentes en las raíces mesiales de los M1 debemos tener en cuenta que hablar de uno o dos forámenes, aunque sí está relacionado, no tiene por qué ser un indicativo de uno o dos conductos. Tras analizar todos los resultados, la media obtenida para la presencia de dos forámenes apicales alcanza el 59.2%. Teniendo en cuenta que en la **tabla 4b** incluimos estudios clínicos donde sólo se pueden contabilizar los forámenes visibles radiográficamente, es posible que la realidad seguramente supere ese porcentaje. Esta idea se ve confirmada en el completo estudio de Marroquín y cols. (2004), quienes analizaron 286 ápices de M1 inferiores observándolos mediante el uso del estereomicroscopio a 40 aumentos, y la incidencia de dos forámenes apicales se elevó hasta el 87%. Los autores comentan que la existencia de un único foramen fisiológico no necesariamente es indicativa de la presencia de un conducto, pues dos o más conductos pueden unirse y terminar en la zona apical como uno sólo. Del mismo modo, cuando presentan dos forámenes, puede deberse a dos conductos independientes, un conducto que se divide en dos, o a un delta apical. Los autores señalan que el diseño de su estudio no permite relacionar el número de forámenes apicales presentes en una raíz y la configuración de conductos de la misma. No obstante encontramos un trabajo realizado por Sperber y Moreau (1998) con valores muy similares en el número de forámenes apicales y la confirmación de estos resultados con la configuración de conductos

Se puede decir que al menos la mitad de las raíces mesiales de los M1 inferiores presentan dos conductos con un recorrido independiente y con forámenes apicales separados.

Ante una configuración tipo IV de Vertucci (2-2), se han de instrumentar y obturar los conductos de forma independiente, pero ¿cómo manejar clínicamente dos conductos que se unen antes de alcanzar el ápice radicular (tipo II de Vertucci o 2-1)? En estos casos, cuando comparten un solo foramen apical, se deben adoptar ciertas precauciones. Según Castelucci (2004), esta unión es más fácil de determinar tras la completa limpieza y conformación de, al menos, uno de los conductos. Existen algunas maniobras para determinar el punto de unión que pueden inducir a error. Por ejemplo, dos pequeñas limas pueden ser introducidas simultáneamente en dos

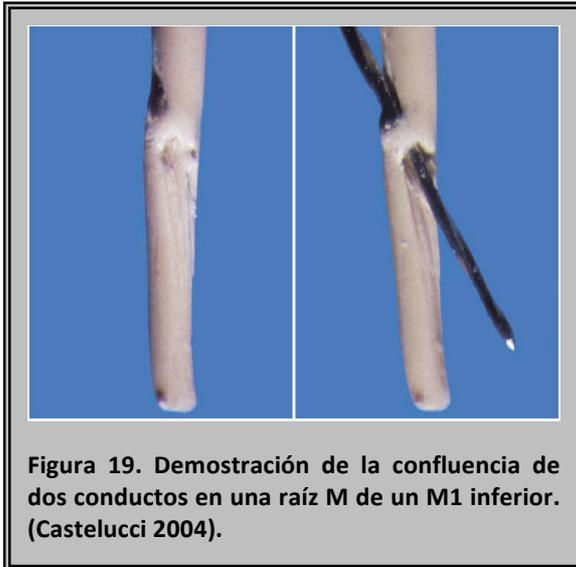


Figura 19. Demostración de la confluencia de dos conductos en una raíz M de un M1 inferior. (Castelucci 2004).

conductos diferentes hasta el ápice, incluso si se unen en un mismo foramen, pues puede haber suficiente espacio para el paso de ambas. La introducción de un instrumento ancho en un conducto y uno estrecho en el otro, puede llevar a la fractura del más pequeño o al paso de éste entre las espiras del grande hasta el final del conducto. Por tanto, ninguna de las dos técnicas es totalmente fiable.

La opción más segura, según Castelucci (2004), es usar un cono de gutapercha en el conducto que ya ha sido preparado y un pequeño instrumento en el otro, todavía sin preparar (**Figura 19**). Si los dos conductos se unen, la impronta dejada por el instrumento en el cono de gutapercha será visible.

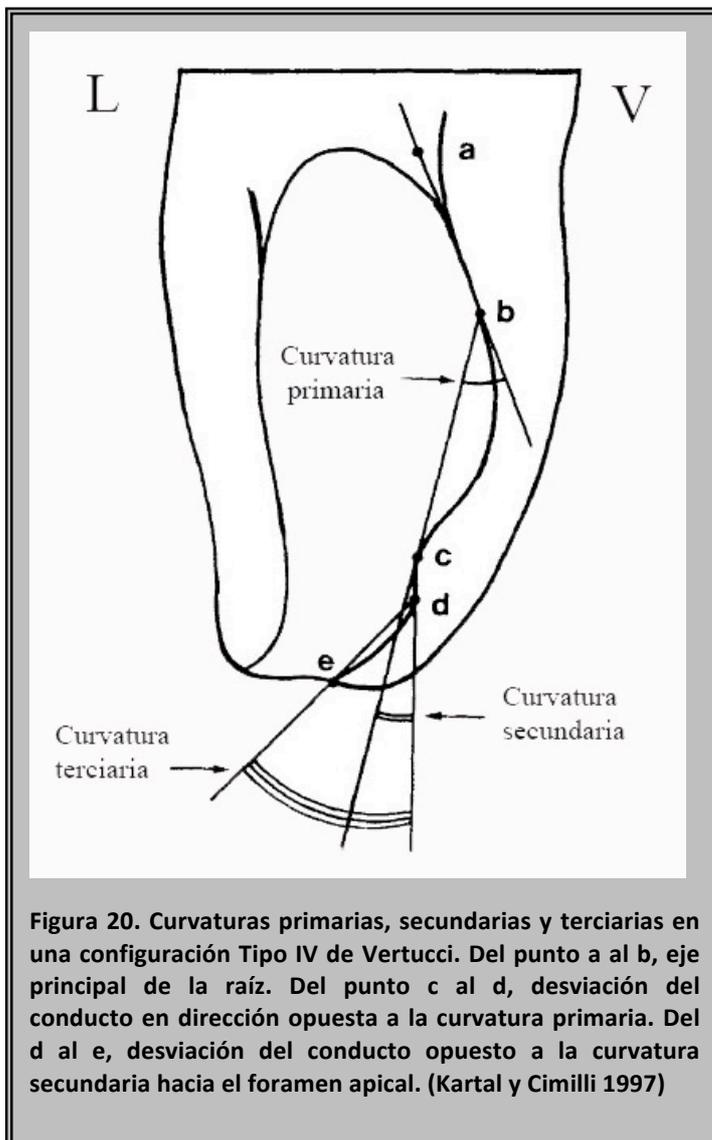
Berutti y Fedon (1992) demostraron que las raíces mesiales presentan una concavidad en su cara distal y establecieron que al realizar la instrumentación existe una zona de peligro donde hay un menor espesor de dentina, a 1.2 mm de la furca, existiendo el riesgo de producir una perforación. También observaron que el conducto MV está más cercano a la superficie externa de la raíz, aumentando en él el peligro de perforación. Debido a la mayor facilidad para causar un stripping en el conducto MV de las raíces mesiales de los molares inferiores (Berutti y Fedon 1992), es aconsejable empezar siempre limpiando y conformando el conducto ML y confirmar si se unen para compartir un solo foramen apical. En caso de unión, sólo se debe preparar el conducto MV hasta la confluencia, preservando mayor cantidad de dentina en dicho conducto y evitando el riesgo de perforación. La instrumentación de ambos conductos hasta la longitud de trabajo conlleva no sólo una pérdida de dentina extra en uno de ellos, sino una forma final de la preparación en “reloj de arena”, donde el punto de confluencia de ambos conductos va a ser la zona más estrecha y, a partir de ella, veremos un ligero ensanchamiento del conducto. La obturación tridimensional en este caso es compleja y se corre el riesgo de dejar algún espacio vacío en la zona apical (Furri y cols. 2007, Vertucci 2005). Reconocer la confluencia de los conductos mesiales es un factor importante para alcanzar el éxito en el tratamiento de conductos de los M1 inferiores.

Furri (2008) publicó una extensa revisión de sus casos evaluando la confluencia de los conductos en la raíz mesial. De los 426 M1 inferiores valorados, 231 presentaban 3 conductos (dos mesiales y uno distal), confluyendo el 56.3% de ellos en la raíz mesial. Los 195 restantes, con 4 conductos (dos mesiales y dos distales), sólo presentaban la unión de los conductos mesiales en un 33.8%. La conclusión fue que los M1 con 3 conductos presentan una mayor confluencia que los de 4 conductos.

Los conductos de la raíz mesial suelen presentar varias curvaturas. Kartal y Cimilli (1997) desarrollaron una amplia investigación en 697 raíces mesiales de M1 inferiores. Evaluaron la presencia de curvaturas primarias, secundarias y terciarias en cada uno de los dos conductos (**Figura 20**). El resultado fue que absolutamente todas las raíces presentaban una curvatura primaria en ambos conductos. Sin embargo, los menores valores de dicha curvatura pertenecían al conducto mesiolingual. También observaron cómo numerosas curvaturas visibles en una radiografía directamente proximal (desde mesial o distal del diente extraído), permanecían ocultas si la radiografía se realizaba desde una proyección clínica. Desde una vista proximal (donde los autores explican que se pueden observar la anatomía con mayor claridad), aproximadamente el 15% de los conductos presentan también una curvatura secundaria cuya media alcanza los 50°. Las curvaturas terciarias sólo se observaban en el 2% de las raíces y aparecían en el conducto ML desde una vista clínica y en el MV desde una vista proximal.

Por lo tanto, concluyen que el ML es un conducto más recto que el MV y en caso de presentar una curvatura terciaria, sería visible radiográficamente. Si se suman estos datos al menor riesgo de perforación ya comentado, hay motivos suficientes para elegir el conducto ML como el principal y, en los casos donde ambos se unen (tipo II), preparar el MV sólo hasta la confluencia.

Según Marroquín y cols. (2004) el 87% de las raíces mesiales de los M1 inferiores presentan dos forámenes independientes. La media de la distancia entre la constricción apical y el ápice anatómico fue de 0.75 mm y 0.86 mm para los conductos MV y ML respectivamente, y de 0.77 mm cuando sólo había un foramen en la raíz mesial. La distancia máxima para el conducto ML alcanzó los 2.66 mm. Resultados



similares obtuvieron Arora y Tewari (2009) con una metodología análoga a la empleada por Marroquín y cols. (2004), al examinar los forámenes apicales en raíces de molares inferiores. Debido a la variabilidad en la posición de la constricción apical no debemos guiarnos únicamente por el lugar que marca radiográficamente una lima situada en el interior del conducto, sino recurrir a la inestimable ayuda de los localizadores

electrónicos de ápice (De Pablo y cols. 2008). Citando a Arora y Tewari (2009) en su último trabajo: “La posición de la constricción apical con

respecto al ápice radiográfico es de naturaleza impredecible, reforzando la necesidad del uso de los localizadores electrónicos de ápice frente a confiar en el método radiográfico para determinar la longitud de trabajo”.

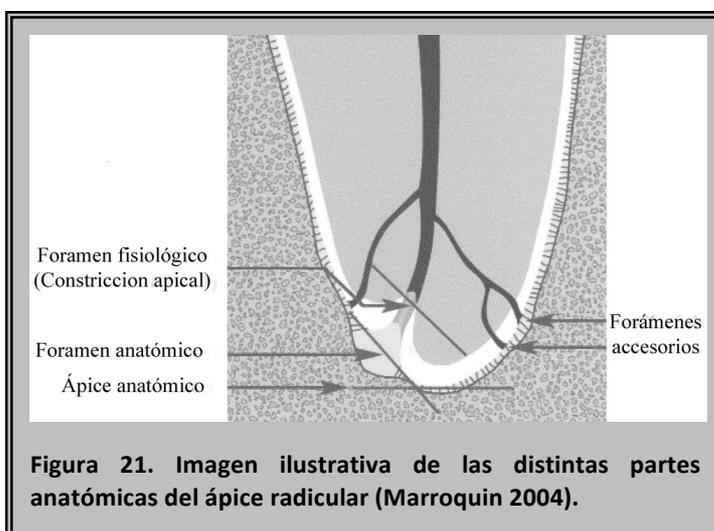
La forma los forámenes apicales es oval en más de la mitad de los casos, lo que implica la presencia de dos diámetros diferentes en el foramen apical. En los casos de raíces M con foramen único, la media para el diámetro mayor fue de 0,31 mm; cuando las raíces M tenían dos forámenes, la media del diámetro mayor fue 0,25 mm para el foramen MV y 0,23 mm para el ML (**Tabla 12**). Hemos ido viendo cómo la longitud de trabajo varía en función de la presencia de una configuración Tipo II o Tipo IV. Ahora, estos nuevos datos nos llevan a determinar el ensanchamiento adecuado de la porción apical de los conductos en las raíces mesiales, pudiendo acabar la instrumentación en calibres más pequeños si los conductos son independientes, y superando al menos el diámetro 30 en caso de que los conductos se unan y compartan un mismo foramen apical.

Foramen	M (foramen único)	MV	ML
Distancia media de constricción a ápice	0.77	0.75	0.86
Media del diámetro menor / mayor	0.21 / 0.31	0.19 / 0.25	0.17 / 0.23
Frecuencia	12.94	87.06	87.06

Teniendo en cuenta la diferencia entre los diámetros mayores y menores (el diámetro menor haría que se enganchara una lima, pero para limpiar la constricción debemos alcanzar el diámetro mayor), los autores concluyen que utilizando un instrumento con calibre dos veces superior al de la lima apical inicial, estaremos limpiando completamente el foramen fisiológico (constricción apical) en un 86.6% de los casos (esto lo dicen aplicado a todos los dientes del estudio, donde hay molares superiores e inferiores). Para Arora y Tewari (2009) si seleccionamos como lima apical maestra una cuyo tamaño sea tres veces superior a la primera lima que hace resistencia en la constricción apical (es decir, cuyo tamaño es similar al diámetro menor de la constricción apical), estaríamos conformando dicha constricción apical en todo su perímetro en un 84% de las raíces de los molares mandibulares.

En el caso de haber una confluencia de los conductos en un solo foramen, una lima del 25 se engancharía perfectamente en el diámetro menor (**tabla 12**), pero para limpiar el diámetro mayor, deberíamos alcanzar una lima del 32. Sin embargo, cuando los conductos adoptan una configuración tipo IV, utilizando una lima del 20 en ambos se engancharía en el diámetro menor y con una del 25 haríamos una completa instrumentación del foramen fisiológico (Marroquín y cols. 2004).

Marroquín y cols. (2004) explican que, de manera contraria a la creencia clínica, sus resultados sugieren que los instrumentos del 10 al 20 frecuentemente no ejercen ninguna fricción sobre la constricción apical (**Figura 21**) y, por tanto, en caso



de encontrar resistencia, se debe a irregularidades del conducto o curvaturas. Definen la lima apical inicial como el instrumento más pequeño que alcanza la longitud de trabajo y se traba en el área del foramen fisiológico; recalcan la importancia de realizar un correcto ensanchamiento coronal del conducto para

determinar de forma correcta esa lima apical inicial. Ha sido sugerido que no se debe superar un diámetro 25 para evitar un transporte apical en conductos curvos (Walton y Torabinejad 1996) pero según los resultados de su estudio, en casos de configuración tipo II una lima del 25 tiene un diámetro similar al diámetro más estrecho de la constricción, por lo que no sería suficiente para limpiar el foramen fisiológico completamente. Otros autores (Blaskovic-Subat y cols. 1992) no concuerdan en que exista mayor frecuencia de forámenes ovales; no obstante, Marroquín y cols. (2004) plantean que pueda deberse a diferencias raciales.

En un estudio similar llevado a cabo años antes por Morfis y cols. (1994) obtuvieron una menor incidencia de dos forámenes principales en raíces M de M1 (pero la muestra utilizada fue sólo de 17 M1). La media de su tamaño fue de 0,25 mm, pero no especifican si redondos u ovales y no diferencian entre raíces con un solo foramen o con dos.

2.3.2. Conducto mesio-central.

Los estudios clásicos sobre anatomía dentaria describen que la raíz mesial de los M1 inferiores alberga dos conductos en su interior que pueden caminar separados o confluír hacia un foramen apical común (Hess 1921, Skidmore y Bjorndal 1971, Pineda y Kuttler 1972, Hartwell y Bellizzi 1982). Ninguno de ellos habla sobre la posibilidad de un tercer conducto en las raíces mesiales. La presencia de un conducto mesial independiente, con su propio orificio de entrada en el suelo de la cámara pulpar y su foramen apical fue descrita por Vertucci y Williams (1974) y Barker y cols. (1974). Más tarde, Pomeranz y cols. (1981) desarrollaron un estudio in vivo donde analizaron su incidencia y manejo clínico en sistemas de conductos radiculares mesiales de M1 y M2 inferiores, describiendo tres variaciones morfológicas. En 1982, Weine (1982) publicó el caso de un M1 inferior con un tercer conducto mesial independiente que fue localizado al realizar el retratamiento de conductos en la pieza. Por tanto, un fallo en localizar y tratar adecuadamente este conducto puede llevar al fracaso de un tratamiento endodóntico (**Figura 22**).

Fabra campos (1983) evaluó 219 tratamientos de conductos realizados por él mismo y detectó, radiográficamente, la presencia de 4 casos con un tercer conducto mesial. En 1985, Martínez-Berna y Badanelli (1985) publican un análisis retrospectivo sobre 1418 molares inferiores endodonciados donde en 25 ocasiones consiguieron localizarlo. En el mismo año, Fabra Campos (1985) evaluó 145 M1 inferiores endodonciados y encontró 4 casos con tres conductos en la raíz mesial. En otro estudio similar, llevado a cabo años más tarde, la muestra de molares examinados ascendió a 760, pero los resultados se mantuvieron más o menos estables, con un 2.6% (Fabra Campos 1989). Utilizando metodología clínica, sólo encontramos dos estudios más (Al-Nahzan 1999, Zaatar y cols. 1997) y en ninguno de ellos se refleja la presencia de un tercer conducto. Ya que el tamaño de la muestra es adecuado en ambos casos, Fabra Campos habla de que esta diferencia puede ser debida a la experiencia del operador o a que la técnica radiográfica empleada no permite observar de manera adecuada la dimensión vestíbulo lingual de las raíces mesiales.

En los estudios in vitro, los resultados son inferiores a los datos obtenidos en estudios clínicos. Walker (1988) y Vertucci (1984) examinaron radiográficamente 100 M1 inferiores extraídos cada uno y en ambos casos la incidencia del conducto mesio-central fue del 1%. En otra publicación más reciente, Sert y cols. (2004) mantienen la misma línea con una frecuencia del 1,5%. Por otro lado, entre 2001 y

2002 vemos la publicación de tres estudios in vitro, donde la incidencia del conducto extra va en aumento. Wasti y cols. (2001) utilizan una pequeña muestra de 30 M1 inferiores y obtienen un 3.3%. Gulabivala y cols. (2001, 2002) llevan a cabo dos investigaciones mediante transparentización y obtienen un 6.8% y un 10.8% de primeros molares mandibulares con tres conductos en mesial. Estos estudios están desarrollados en grupos poblacionales del sudeste asiático, y los autores se plantean que la raza no sólo pueda influir en el número de raíces, sino también en la configuración interna de las mismas.

Fornier Navarro y cols. (2007) realizaron dos estudios con pequeñas muestras de M1 inferiores utilizando TC y observación con SEM de cortes radiculares, obteniendo elevadas frecuencias de tres conductos en la raíz mesial (14.8% y 12%). Esto nos ha estimulado a continuar su línea de investigación, utilizando en nuestro trabajo otro sistema de reconstrucción tridimensional disponible hoy en día, la CBCT, para examinar las raíces mesiales de M1 inferiores con mayor precisión que la ofrecida por la TC convencional.

“Debido a que no se sospechó la existencia de un tercer conducto, el conducto mesiolingual nunca se localizó”. Estas palabras pertenecen a Franklin Weine en el artículo publicado en 1982 donde al realizar el retratamiento de un M1 inferior observó que el dentista anterior había encontrado dos conductos en la raíz mesial y, conforme con ello, no se había percatado de que el conducto ML permanecía intacto (Weine 1982). Una situación similar la podemos encontrar en un artículo publicado en 2010. Los autores realizaron un examen tridimensional de un M1 inferior porque en la radiografía de conometría desproyectada de los dos conductos mesiales listos para obturar, observaron lo que parecía ser otro ápice en la raíz mesial no detectado en radiografías previas. Finalmente resultó que lo que habían tratado como conducto ML, era realmente un tercer conducto mesial, que compartía una misma entrada con éste. Tras instrumentar el conducto ML obturaron tres conductos mesiales totalmente independientes (La y cols. 2010).

En un artículo reciente publicado por Yesilsoy y cols. (2009) vuelve a reflejarse la importancia que puede llegar a tener la omisión de un conducto extra durante una endodoncia.

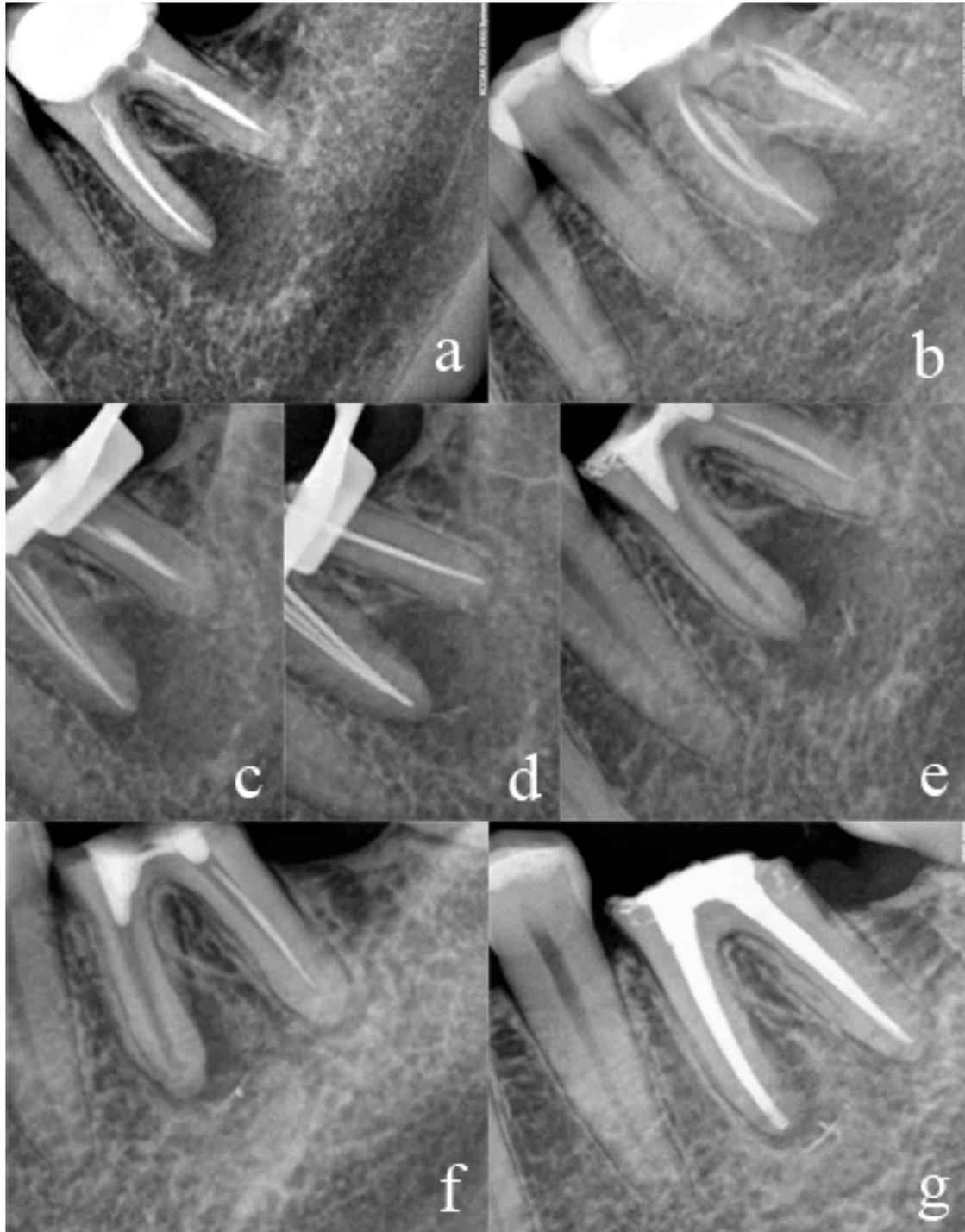


Figura 22. Retratamiento endodóntico de un M1 inferior con una periodontitis apical crónica en la raíz mesial. a) Radiografía inicial. b) Radiografía inicial mesializada, donde podemos apreciar un aparentemente correcto tratamiento previo de los conductos principales en la raíz mesial. c) Localización de un conducto mesio-central. d) Eliminación de gutapercha y conductometría de los 4 conductos principales. En la raíz mesial, podemos apreciar 3 conductos que comparten un mismo foramen apical. En la raíz distal, hay un único conducto. e) Radiografía final de la primera cita, con colocación de hidróxido de Calcio y restauración provisional de IRM. f) Por motivos personales, la paciente no acudió a la cita programada a los 15 días, para terminar el tratamiento. 6 meses después, vuelve a la consulta, y en la radiografía podemos apreciar una curación casi completa de la radiolucidez periapical previa. g) Retratamiento finalizado.

Yesilsoy y cols. (2009) explican cómo 9 meses después de realizar un tratamiento de conductos radiográficamente correcto en un M1 inferior, comienza a aparecer una pequeña imagen radiolúcida periapical en la raíz mesial. Se decide abordar de nuevo el caso y se detecta la presencia de un tercer conducto mesial, totalmente independiente. Tras tratar únicamente este conducto extra, la imagen radiográfica remitió.

Estos datos resaltan la relevancia no sólo de las publicaciones de anatomía habitual de los conductos, sino también de las referentes a anomalías anatómicas. Siempre debemos buscar el máximo número de conductos posible.

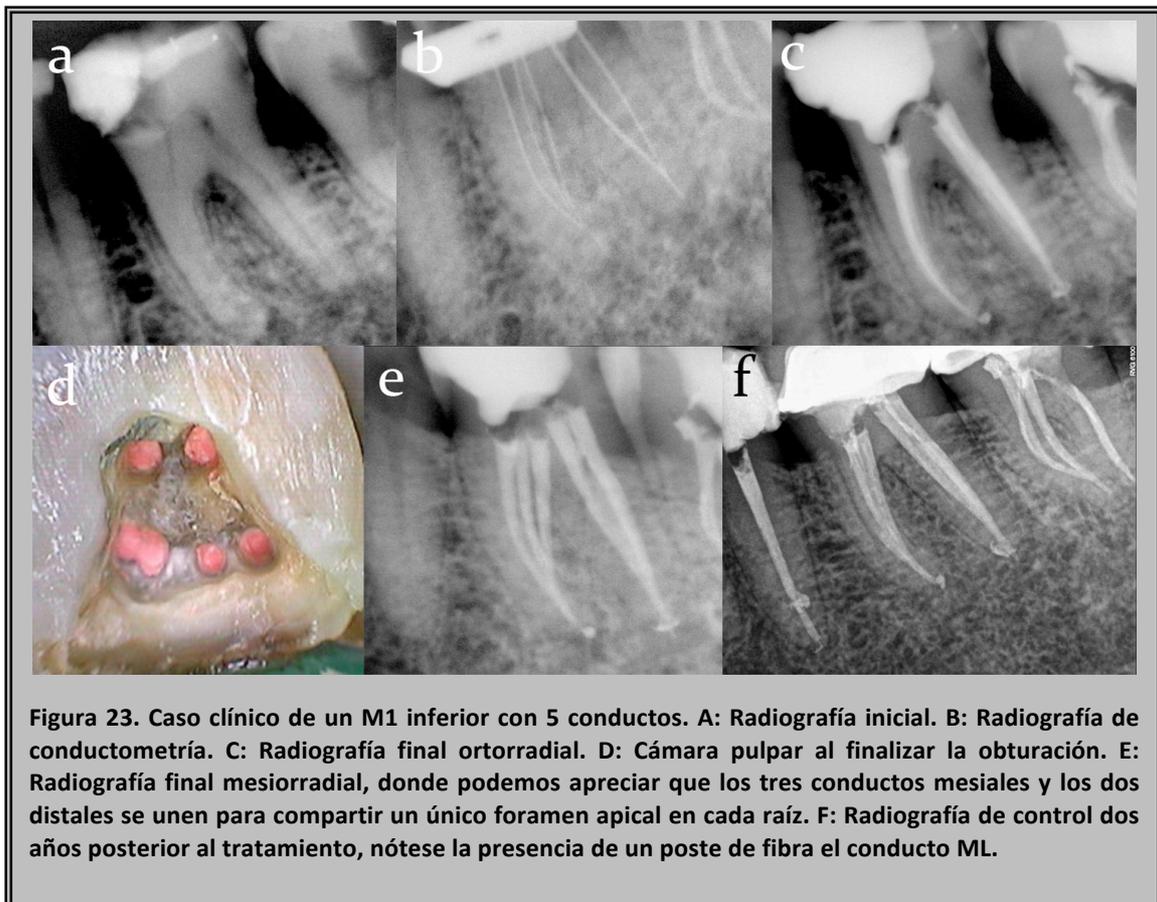
Pomeranz y cols. (1981) publicaron el primer texto referente a la existencia en un porcentaje nada despreciable de un tercer conducto en las raíces mesiales de M1, denominado **conducto mesial medial o mesiocentral (MM)**. Tal y como mencionan en su artículo, hasta ese momento, ninguna investigación, clínica o en dientes extraídos, había descrito si ese conducto podía ser desbridado usando una preparación biomecánica rutinaria. Sólo habían sido descritos dos casos aislados por Vertucci y Williams (1974) y Barker y cols. (1974).

Pomeranz y cols. clasificaron el conducto MM de tres formas diferentes:

- ◆ **Aleta**, cuando en cualquier fase durante el desbridamiento, el instrumento podía pasar libremente entre el conducto MV o ML y el conducto MM.
- ◆ **Confluyente**, cuando el orificio de entrada era independiente pero se unía apicalmente al MV o al ML.
- ◆ **Independiente**, cuando disponía de una entrada independiente y un foramen apical propio. Dentro de esta clasificación también incluyeron aquellos molares con un solo conducto mesial muy ancho en el que se pudieron cementar tres conos maestros hasta la longitud de trabajo.

En la **tabla 5** se puede observar la incidencia en la que el conducto intermedio, o mesial medial o mesiocentral, tiene un recorrido independiente y un foramen apical propio. Lo habitual es que se fusione con uno de los conductos principales. Fabra Campos (1985, 1989) señaló que lo más frecuente es la unión al conducto MV. Especifica que de 20 casos, 13 se unían al MV (60%), 6 al ML y uno era independiente. Además, señala que la frecuencia del MM es mucho mayor a medida que disminuye la edad del individuo, debido a la aposición menor de dentina. Sin embargo, Martínez-Berna y Badanelli (1983) de 20 molares, en 12 de ellos, el MM (al

que ellos llaman mesiocentral (MC)) se une al MV. Generalmente, cuando aparecen tres conductos mesiales, también hay dos conductos en la raíz distal (**Figura 23**). Martínez-Berna y Badanelli (1983) describen 25 casos con tres conductos en la raíz mesial (correspondientes a M1 y M2 inferiores), donde 20 de ellos tenían dos conductos en distal (es decir, cinco conductos en total).



Fabra Campos (1985) sólo contabiliza un conducto como MM cuando radiográficamente aparece separado. Comenta que en varias raíces instrumentó el MM y lo obturó en clínica pero no fue anotado en la estadística de terceros conductos porque no era visible en la radiografía. De manera frecuente esos conductos excluidos estaban muy cerca del MV o del ML; y donde inicialmente parecía haber un orificio de entrada separado, su instrumentación llevó a la formación de una figura de la entrada al conducto principal en forma de ocho u ovalada. Radiográficamente comprobó que eran parte del conducto principal.

Fabra Campos (1989) describe que debido al riesgo de perforación por un sobreensanchamiento del conducto intermedio y/o por la cantidad de calcificación

presente entre los conductos principales, este conducto no se instrumentó tanto como los principales. Explica que la obturación en esos casos es más complicada pues los espaciadores no pueden ser introducidos a la profundidad correcta durante las técnicas de condensación lateral. El resultado es un imagen radiográfica más estrecha de los conductos intermedios en la radiografía postoperatoria.

En la investigación realizada por Pomeranz y cols. (1981), obtienen conjuntamente para M1 y M2 inferiores, una incidencia del 12% para el tercer conducto mesial. La mayor parte se trata de conductos en forma de aleta y realmente independientes sólo hay 2 de 61. En la **tabla 5** sólo hemos incluido los que clasifican como separados y descartamos los de configuración en aleta, para poder comparar sus resultados de manera correcta con respecto al resto de publicaciones.

Habitualmente la raíz mesial de los molares inferiores contiene dos conductos radiculares, situados en los extremos vestibular y lingual de la apertura. Entre ambos conductos, hay una red de conductos permeables con tejido pulpar en su interior. Es importante estudiar cuidadosamente el suelo de la cámara pulpar para detectar la presencia del orificio de otro conducto (**Figura 24**) (Fabra Campos 1989, Patel y Rhodes 2007).

Para facilitar su localización, Pomeranz y cols. (1981) utilizan una fresa de tallo largo a baja velocidad y eliminan el pico de dentina presente habitualmente entre los conductos mesiales, explorando a continuación toda esa zona con una sonda recta. Fabra Campos (1985) amplió estas recomendaciones sugiriendo cuatro pasos clínicos para localizar el conducto MM de los M1 inferiores:

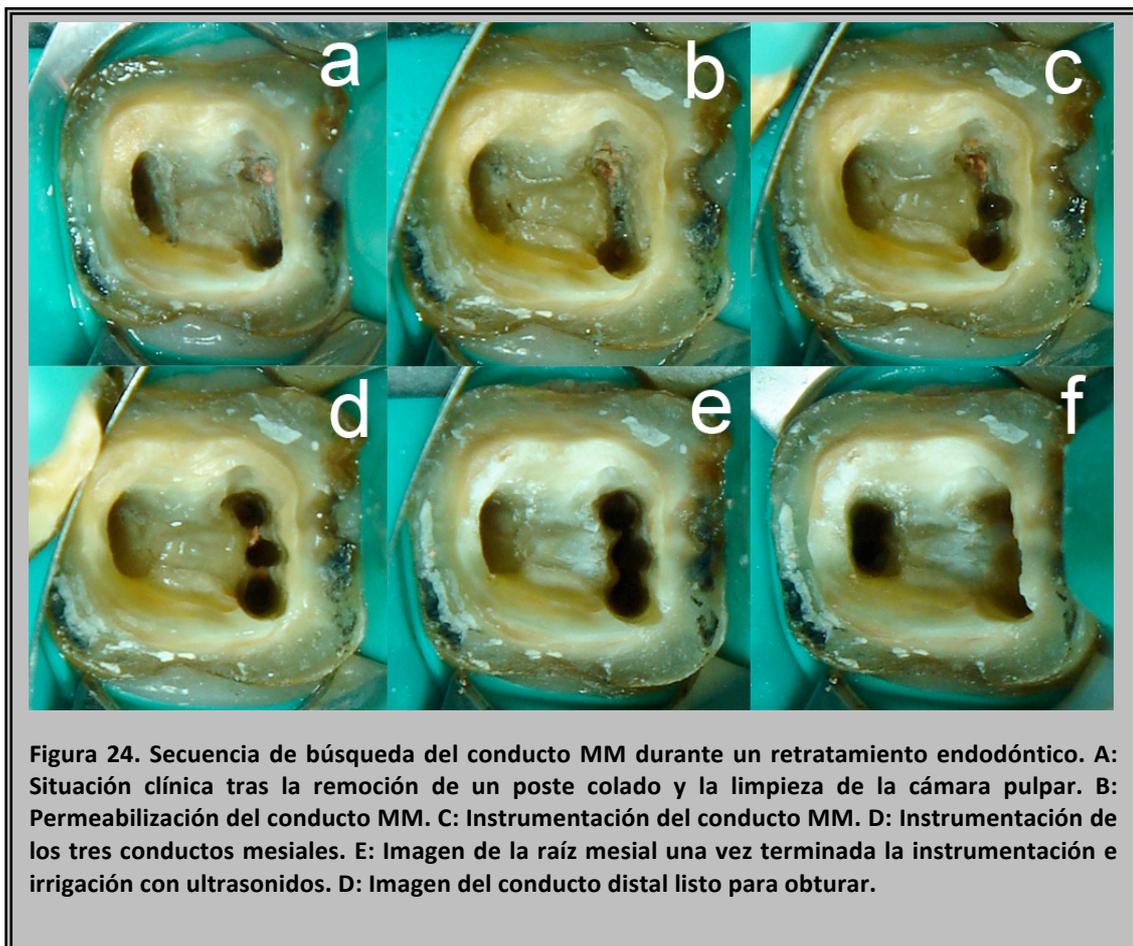
- 1 Una vez instrumentados los conductos principales del molar, se debe secar el suelo de la cámara pulpar. Se usa entonces una fresa redonda para eliminar la protuberancia dentinaria de la pared mesial que separa las entradas de los conductos MV y ML. Su remoción proporciona una visión directa del ángulo formado por la pared mesial y el suelo de la cámara pulpar, pudiendo generalmente apreciar un surco más o menos pronunciado entre ambos conductos (**Figura 25**).

- 2 A continuación se utiliza una fina sonda endodóntica para explorar dicho surco desde el conducto MV hacia el ML, buscando una posible depresión intermedia.

- 3 Mediante una lima fina (#08 ó #10) y con un movimiento alterno de cuarto de vuelta horario anti horario, se puede llegar a cateterizar el conducto mesial medial.

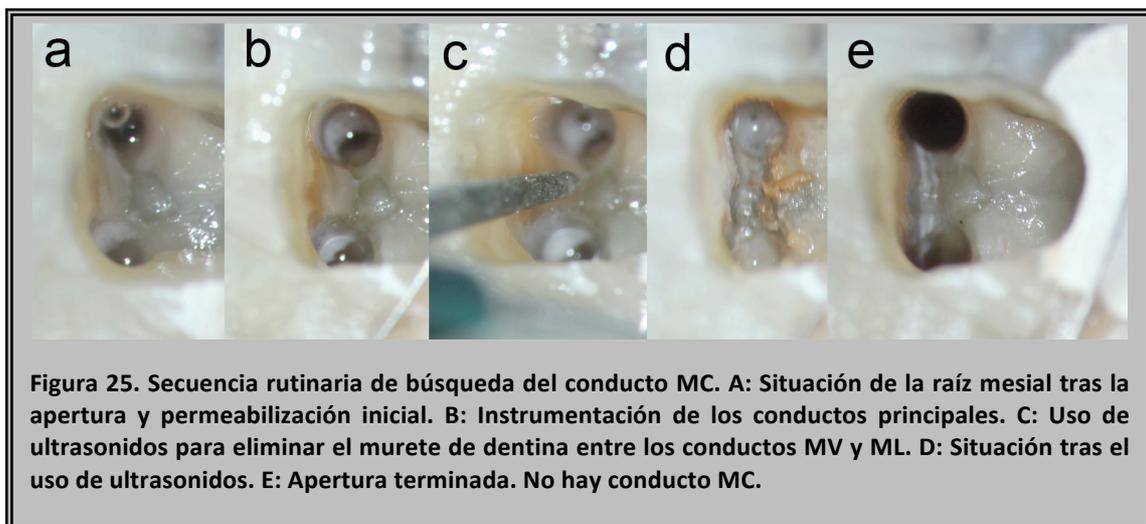
No obstante, en algunas ocasiones con dientes vitales, puede observarse una gota de sangre en la zona media del ángulo mesial, que sugiere la presencia de tejido pulpar en conexión con el foramen. Posicionando una lima a través de ella, se puede permeabilizar el conducto.

④ Una vez localizado el tercer conducto mesial, se procede a ensanchar su entrada y a valorar si se trata de un conducto independiente o bien se une a alguno de los principales.



Yesilsoy y cols. (2002) evalúan 50 M1 inferiores tomando una impresión de la cámara pulpar tras haber eliminado todo el tejido orgánico. El resultado es la presencia de un surco entre los dos conductos mesiales, con una profundidad media de 1 mm. Los autores lo consideran como parte de la anatomía de conductos radiculares y, por lo tanto, sugieren modificar la apertura y excavar el surco con fresas

redondas pequeñas o con ultrasonidos hasta que una sonda de endodoncia no se clave en la zona (**Figura 25**). Se sospeche o no la existencia de un tercer conducto mesial, sistemáticamente debe realizarse una modificación en la apertura de los M1 inferiores, eliminando cierta cantidad de tejido dentinario remanente entre los dos conductos mesiales principales. El objetivo no es sólo disminuir el contenido orgánico de este espacio, sino exponer el área para un mayor volumen del irrigante.



Está demostrado que a la hora de buscar el 4º conducto en la raíz M de los primeros molares superiores, la posibilidad de encontrarlo aumenta de forma considerable mediante la utilización de un sistema de aumento como el microscopio operatorio (Baldassari-Cruz y cols. 2002). Cuando desarrollamos nuestra metodología, sólo una publicación hacía referencia a la incorporación del microscopio en el tratamiento endodóntico de los M1 inferiores (De Carvalho y Zuolo 2000) y en ella se llegaba a la conclusión de que su uso incrementaba el número de conductos localizados. Se abre una línea de investigación que nos pareció interesante seguir en este trabajo, en la que realizando modificaciones en la apertura de los M1 inferiores, mediante el uso del microscopio operatorio, intentaremos determinar de una forma precisa, la verdadera frecuencia del conducto intermedio en las raíces mesiales.

Un dato importante a tener en cuenta es el sumo cuidado necesario para la instrumentación del conducto MM. Al estar situado en la zona de la raíz mesial con menor espesor de dentina, se debe tener prudencia y no instrumentarlo de la misma manera que MV o ML (**Figura 26**). De este modo se evitarán perforaciones laterales

en forma de stripping hacia la zona furcal de los molares (Pomeranz y cols. 1981, McCabe 2005). McCabe sugiere que la preparación debe hacerse de forma cautelosa y conservadora. El uso de la instrumentación rotatoria, ampliamente extendido hoy en día, da como resultado conformaciones más centradas en la raíz. Esto puede llevar a una preparación cercana a la llamada “zona de peligro”, que corresponde a la parte furcal de la raíz mesial, dada la disposición en reloj de arena que ésta presenta, incrementándose el riesgo de perforación.

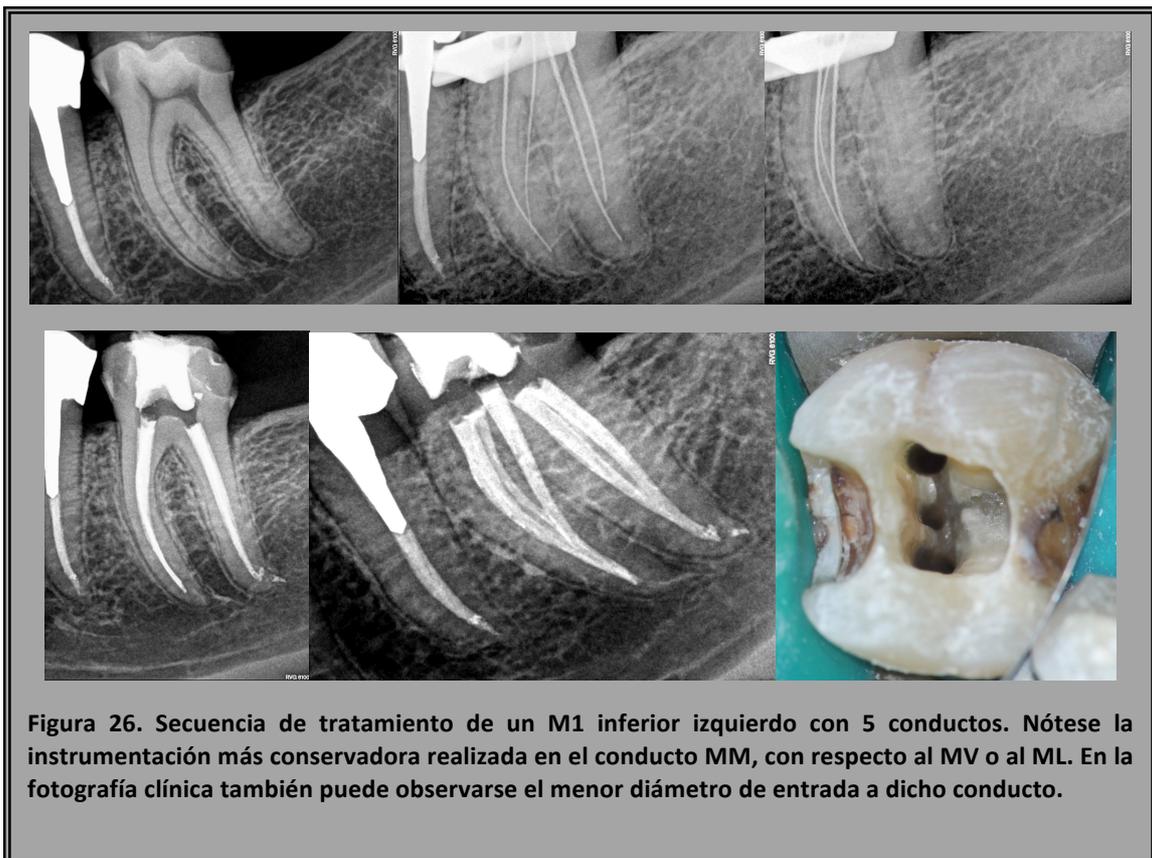


Figura 26. Secuencia de tratamiento de un M1 inferior izquierdo con 5 conductos. Nótese la instrumentación más conservadora realizada en el conducto MM, con respecto al MV o al ML. En la fotografía clínica también puede observarse el menor diámetro de entrada a dicho conducto.

El diámetro del conducto mesiocentral es inferior al de los otros conductos mesiales y está muy relacionado con la edad del paciente; se ha sugerido la mayor facilidad para encontrar conductos mesiales mediales en pacientes jóvenes (Pomeranz 1981, Weine 1982, Fabra Campos 1985, Fabra Campos 1989). Martínez-Berna y Badanelli (1983) encontraron que el 75% de los pacientes que presentaba tres conductos en la raíz mesial tenía entre 9 y 30 años.

La presencia de tres conductos radiculares mesiales en molares mandibulares ha sido explicada por Hess (1921) describiendo que “cuando el crecimiento radicular no se ha completado todavía, en la raíz mesial sólo hay ancho conducto, fuertemente

comprimido en su cuello. En este conducto recién formado, las dos anchas paredes de la raíz mesial están tan cerca una de la otra en la zona central que, por el depósito de nuevas capas de dentina, el cuello del conducto, salvo raras excepciones, se bloquea”. De esta manera, el tejido conectivo pulpar es aplastado por la acumulación de dentina secundaria durante el crecimiento de la raíz, creando tres conductos mesiales que pueden ser independientes o converger en uno o dos forámenes apicales. Estos conductos pueden tener intercomunicaciones, formando entonces una red. Las mismas variaciones pueden afectar a la raíz distal (Maggiore y cols. 1998). No obstante, Fabra Campos muestra diversos casos de molares jóvenes en los que la tabicación de la raíz distal comienza en la zona apical o en la zona media (Fabra Campos 1983).

Debemos tener en cuenta no sólo la edad del paciente sino también las agresiones sufridas por el molar en cuestión. Si la agresión hacia él ha sido intensa y le ha obligado a protegerse frente a la misma formando dentina terciaria, su configuración interna puede verse equiparada a la de un molar de una persona de avanzada edad (Fabra Campos 1983).

Mortman y Ahn (2003) señalan que el tercer conducto mesial no es un conducto extra sino la secuela de instrumentar el istmo entre los conductos MV y ML. El istmo es una estrecha conexión entre ambos conductos que contiene tejido pulpar (Forner Navarro y cols. 2007). En la práctica clínica es importante tanto en el tratamiento ortógrado como en la cirugía periapical. En ambos casos, la dificultad para limpiarlo puede llevar al fracaso del tratamiento (Von Arx 2005).

Las variaciones anatómicas en la raíz mesial de los M1 inferiores la convierten en una de las raíces más complejas e impredecibles en las que llevar a cabo un tratamiento endodóntico exitoso. Es difícil establecer una técnica estandarizada que permita resolver todos los problemas. Necesitamos un sistema lo suficientemente flexible como para enfrentarnos a todas las situaciones y variaciones que nos vamos a encontrar. Precisamos que las limas se adapten a la morfología de los conductos y no al revés, recordando siempre que, a diferencia de los instrumentos de Níquel-Titanio, la anatomía de conductos radiculares es rígida. Es importante entender y construir una imagen mental de los conductos antes de introducir ningún elemento rotatorio dentro de ellos (Sleiman 2007).

2.4. Raíz distal.

La raíz distal de los molares inferiores suele tener la misma longitud que la mesial, aunque su forma varía considerablemente. Puede ser aplanada en sentido MD y ancha en sentido VL, adoptar una forma ovalada (**Figura 17**) o incluso circular. Un dato interesante es que cuando un M1 inferior presenta una raíz accesoria DL, la raíz distal mantiene su morfología normal, pero su tamaño se ve reducido (Curzon 1971, Tratman 1938).

Gulabivala y cols. (2001) evaluaron 139 M1 inferiores y observaron que todas las raíces mesiales y el 74.8% de las raíces distales presentaban una morfología aplanada en sentido mesio-distal. Las raíces distales cónicas presentaban frecuentemente una configuración de conductos Tipo I de Vertucci, mientras que las aplanadas presentaban configuraciones más complejas (Tipos II, III, V y VI). Es decir, cuanto más se parezca la raíz D a la M, más compleja podemos esperar que sea su configuración interna. Rocha y cols. (1996) describen que la raíz distal suele ser recta (78% de los casos), o con una ligera curvatura apical hacia distal. No obstante, en un 5% de las ocasiones, la curvatura apical es hacia mesial (**Figura 27**).

Green (1955) refiere que en un gran porcentaje de casos la raíz distal presenta dos conductos separados o unidos por un corredor (**Figura 28**). Hartwell y Bellizzi (1982), evaluaron las endodoncias realizadas en M1 inferiores a lo largo de 10 años y observaron que un 35% de los molares presentaban 4 conductos, debido a la presencia de un segundo conducto distal. La conclusión más importante a la que llegan es que para localizar este segundo conducto distal es necesario modificar la apertura, llevándola hacia una forma rectangular, variable en función de la tabla oclusal.

Skidmore y Bjorndal (1971) ponen de manifiesto las anotaciones erróneas de los libros de texto clásicos en referencia al M1 inferior de cuatro conductos, cuya definición iba desde infrecuente hasta ni siquiera ser mencionado. En un estudio clínico realizado por los mismos autores en 1969, encontraron 56 M1 inferiores con 4 conductos entre 203 endodoncias realizadas, de los cuales, el 40% presentaba dos forámenes distales separados. Slowey (1979) propone un pequeño truco orientativo para identificar la presencia de un segundo conducto distal; dice que si al comenzar el tratamiento de un M1 inferior, no somos capaces de alcanzar el final del raíz distal con una lima del 25, debemos sospechar la existencia de dos conductos. Por supuesto, los casos extremadamente calcificados suponen una excepción a esta regla. Una sombra

cercana a la lima introducida en el conducto distal durante la radiografía de conductometría también debe hacernos pensar en la posibilidad de un segundo conducto.

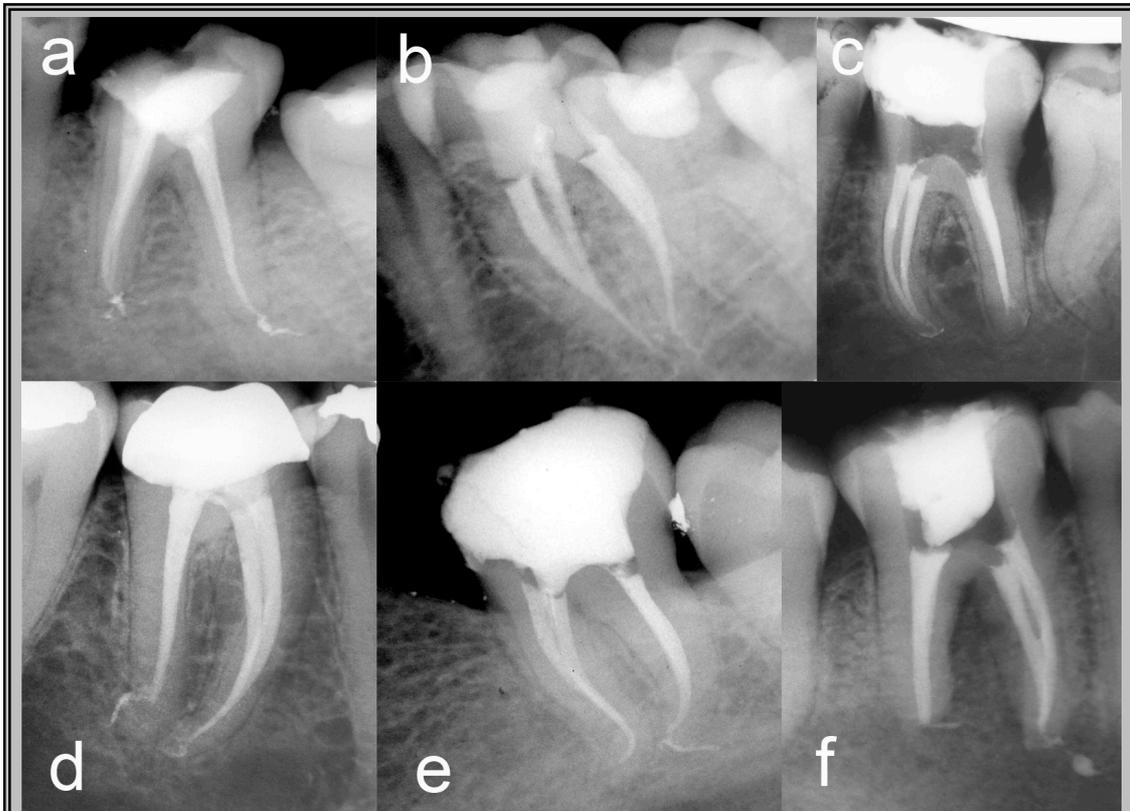
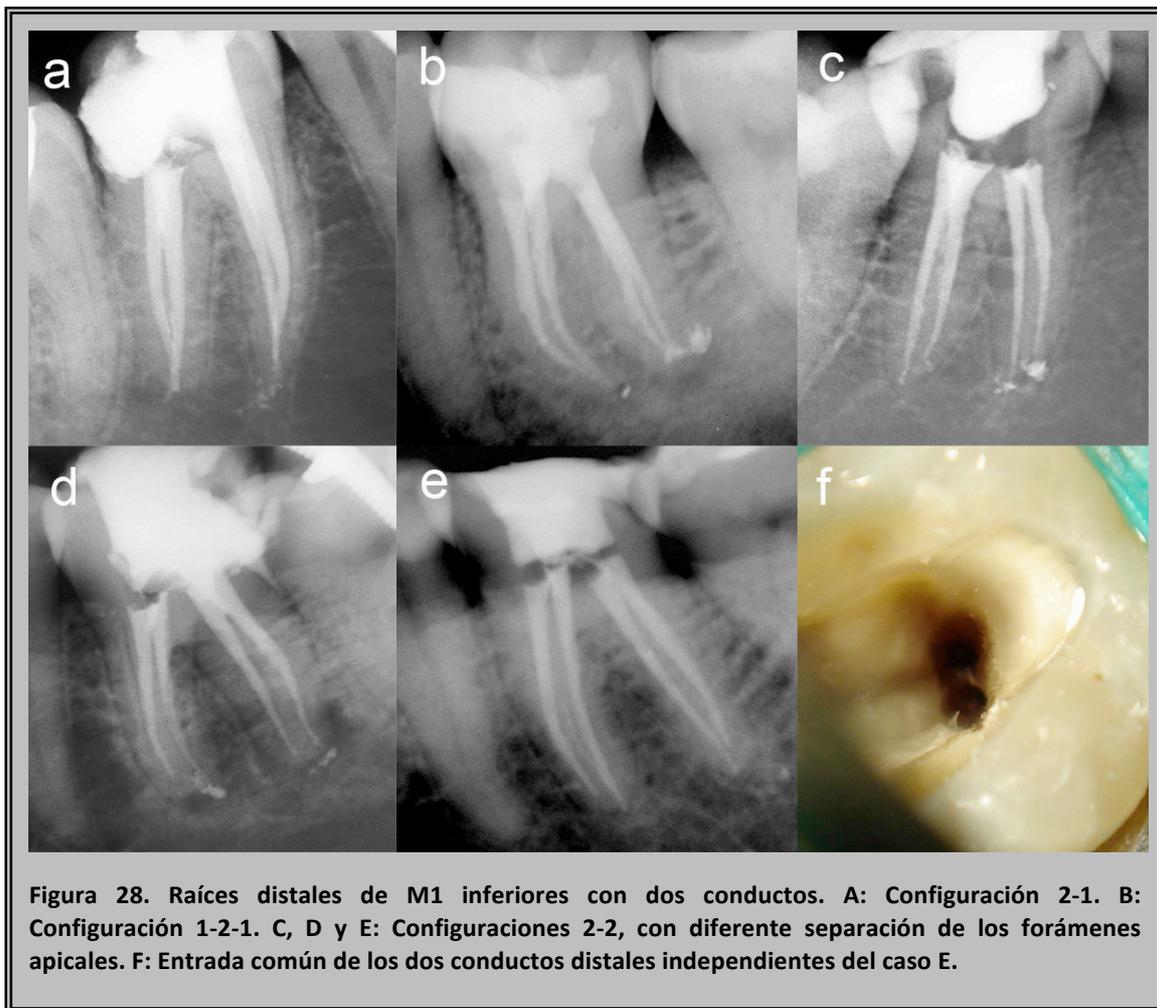


Figura 27. Raíces distales de M1 inferiores con un conducto. A: Conducto circular característico de un molar calcificado. B: Conducto ovalado. C y D: El material de obturación muestra la situación lateral de los forámenes apicales alejados del ápice anatómico. E: Curvatura hacia mesial de ambas raíces. F: Reabsorción de la raíz D, que hace coincidir el foramen con el límite radiográfico de la raíz.

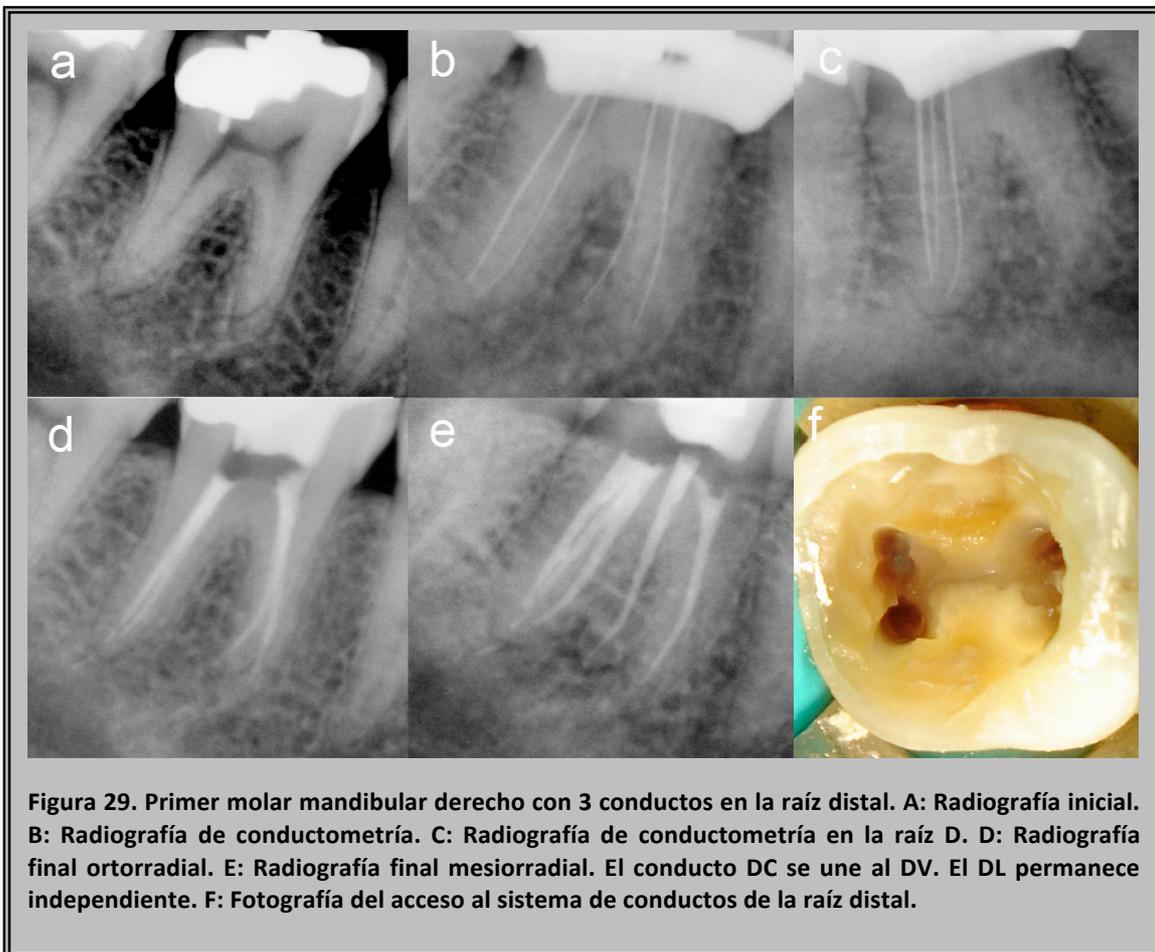
No sólo las raíces mesiales pueden albergar tres conductos en su interior. Martínez-Berna y Badanelli (1983) fueron los primeros en describir la posibilidad de encontrar un tercer conducto en la raíz distal, situado entre los orificios de los conductos DV y DL. Lo denominaron **conducto distocentral (DC)**. En su estudio realizado sobre 2362 molares inferiores (1418 M1), encontraron en 3 raíces distales 3 conductos siendo su configuración diferente en todas ellas. Dos casos presentaban tres forámenes apicales: en uno había tres conductos paralelos independientes desde el suelo de la cámara pulpar; en el otro, los tres conductos parecían tener un orificio de entrada común en el suelo cameral, dividiéndose a nivel del tercio apical y saliendo al periodonto por foraminas diferentes. En el tercer caso los conductos DV y DC confluyen en un foramen mientras el DL emerge independiente (**Figura 29**). La

explicación de estas variantes anatómicas por parte de los autores es que se debe, de forma similar a como sucede en la raíz mesial, a la aposición de dentina secundaria. El conducto principal puede dividirse en dos o en tres, sobre todo en las raíces distales aplanadas en sentido MD, y ofrecernos morfologías difíciles de tratar adecuadamente (Martínez-Berna y Badanelli 1985).



Chandra y cols. (2009) publicaron un caso clínico de un primer molar inferior con tres conductos en la raíz distal. Dada la dificultad del tratamiento, tras localizar los conductos, sometieron al paciente a un análisis mediante tomografía computarizada en espiral, que refleja la realidad anatómica y permite confirmar los hallazgos clínicos. Efectivamente, la raíz distal mostraba tres conductos, de los cuales el DC se unía con el DV y el DL permanecía independiente.

Uno de los artículos más recientes publicados en la literatura acerca de la anatomía del primer molar inferior, hace referencia precisamente a las posibilidades anatómicas de la raíz distal. En él, Kottoor y cols. (2010) presentan una tabla sobre la frecuencia de esta anomalía en diversos estudios y muestran gráficamente las configuraciones de los complejos radiculares distales con más de dos conductos. En la **tabla 13**, podemos ver los datos de su artículo ampliados. Tras unificar los resultados de los diversos autores podemos resumir la incidencia del conducto distocentral en el 1% de los M1 inferiores.



El diseño clásico de la apertura ha evolucionado de una morfología triangular centrada en la mitad mesial de la cara oclusal, hacia una forma rectangular desplazada hacia el cuadrante mesiovestibular, buscando la proyección en la superficie oclusal de la entrada de los conductos radiculares. Este diseño modificado permite localizar más fácilmente dos conductos distales, ya que el DV suele quedar cubierto por una cornisa dentinaria que impide su permeabilización (**Figura 30**). Con el

fin de eliminarla, la apertura debe ser mas amplia en distal, extendiéndose hacia vestibular (Fabra Campos 1983, Skidmore y Bjorndal 1971). El concepto de apertura ideal descrito en los libros de texto ha cambiado y actualmente la cavidad de acceso viene en su mayor parte dictaminada por la morfología individual de la cámara pulpar del diente a tratar (Patel y Rhodes 2007).

Tabla 13. Prevalencia del tercer conducto en la raíz distal de acuerdo a diferentes autores.				
Autor / año	Nº M1 inf	Metodología	Incidencia	Población
Al-Qudah y Awawdeh 2009	330	In vitro (diafanización)	0.3% (10)	Jordana
Ahmed y cols. 2007	100	In vitro (diafanización)	3% (3)	Sudanesa
Sert y cols. 2004	200	In vitro (diafanización)	1% (2)	Turca
Gulabivala y cols. 2002	118	In vitro (diafanización)	1.6% (2)	Tailandesa
Gulabivala y cols. 2001	139	In vitro (diafanización)	0.7% (1)	Birmana
Sperber y Moreau 1998	480	In vitro (secciones)	0.2% (1)	Senegalesa
Caliskan y cols. 1995	100	In vitro (diafanización)	1.7% (2)	Turca
Goel y cols. 1991	60	In vitro (radiografías)	1.7% (1)	India
Martínez-Berna y Badanelli 1985	1418	In vivo (Rx periapicales)	0.5% (7)	Española
Total	2945		1% (29)	

Fabra Campos (1983) explicó de manera detallada y mostró ejemplos de las posibilidades clínicas que podemos encontrarnos cuando vamos a tratar la raíz distal de un M1 inferior. A continuación exponemos sus descripciones, indicando a qué tipo de la configuración de Vertucci creemos nosotros que pertenecen:

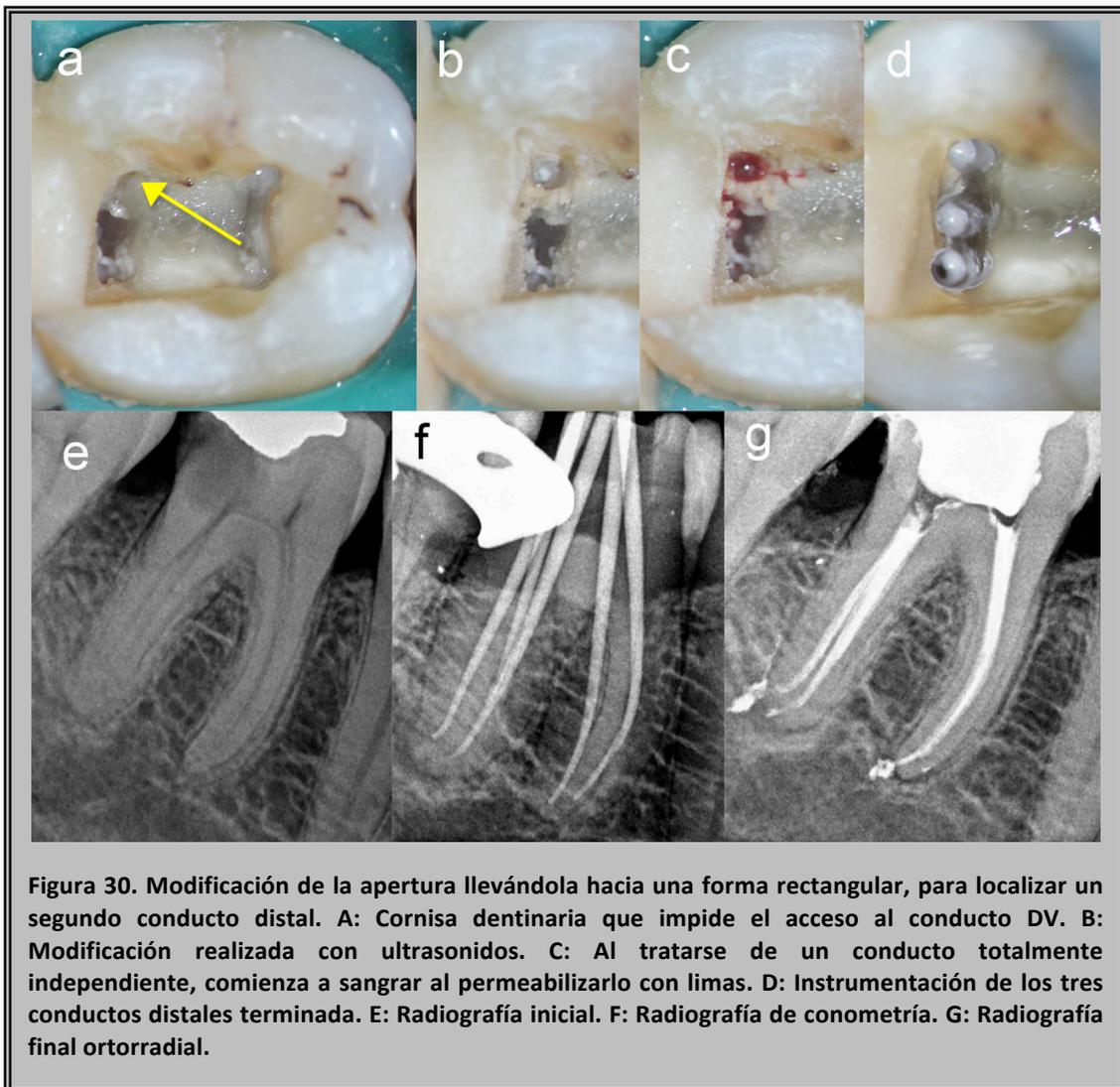
- ◆ **Tipo I.** Un solo conducto único, más o menos ovalado, cuya luz disminuye progresivamente hacia el ápice. La entrada en la cámara pulpar suele ser ovalada; sin embargo, puede mostrar una forma de ocho o de cinta y el orificio de entrada en la cámara pulpar reproduce esta morfología aplanada. (**Figura 27**)
- ◆ **Tipo Ila.** Dos conductos independientes desde la cámara, habitualmente muy próximos, que a nivel del tercio medio se unen, acabando en un foramen único. La sección de estos dos conductos tiende a ser circular; cuando se unen pasa a ser oval o aplanada. Habitualmente el calibre de ambos es similar, pero en

ocasiones uno de ellos es más amplio que el otro (**Figura 23**). A nivel de la cámara pulpar podemos encontrar dos posibilidades:

- La entrada a los dos conductos se ubica en el mismo plano vestibulo lingual, de tal manera que si examinamos una línea que una los dos conductos mesiales y otra línea que una los distales, veremos que son paralelas.
 - La ubicación de los orificios de entrada no es simétrica, estando el conducto distovestibular desplazado hacia mesial y hacia vestibular; si unimos de nuevo las líneas anteriores, éstas convergen hacia vestibular formando un ángulo agudo. Si no tenemos la precaución de ampliar la apertura por distal, el conducto DL puede pasar inadvertido.
- ◆ **Tipo IIb.** Dos conductos muy bien individualizados desde la cámara pulpar, que se unen en el ápice terminando en un foramen único (**Figura 28**).
 - ◆ **Tipo III.** Pueden tener un comienzo en el suelo de la cámara pulpar común, luego individualizarse y acto seguido volverse a unir en el ápice, terminando en un foramen apical común (**Figura 28**).
 - ◆ **Tipo IV.** Dos conductos independientes y separados desde la cámara pulpar hasta el ápice radicular. Puede que los dos conductos distales partan de un mismo orificio ovalado o aplanado en el suelo de la cámara pulpar e independizándose a lo largo de su recorrido, terminen en dos foraminas separadas. Esta última configuración es difícil de clasificar en Tipo IV o tipo V, pudiendo originar confusión (**Figura 28**).
 - ◆ **Tipo V.** Un solo conducto en los dos tercios coronales, a nivel del tercio apical se divide en dos, que o bien continúan su camino paralelamente hasta el ápice terminando en dos foraminas próximas, o bien sufren una separación brusca, terminando en dos foraminas muy distanciadas.
 - ◆ En dos ocasiones, de 216 M1, FC encontró tres conductos en la raíz distal. Una de ellas presentaba una configuración 3-1 y la otra una disposición 3-2 (**Figura 30**).
 - ◆ Podemos encontrar dos conductos muy divergentes que corresponden a dos raíces independientes (**Figura 31**).

Pattanshetti y cols. (2008), en un estudio clínico enfocado directamente a buscar un segundo conducto en la raíz distal de los M1 inferiores, observaron que en

los M1 tratados por endodoncistas experimentados, los resultados son próximos al 50%, porcentaje similar al descrito por Fabra Campos (1985) y, muy superior al de otros estudios. Los autores explican que estas diferencias pueden ser debidas al mayor conocimiento de la morfología y al cambio en el diseño de las aperturas hacia formas más rectangulares.



Aunque Pattanshetti y cols. (2008) también se plantearon o analizaron la posibilidad de que pudiera haber una diferencia racial no encontraron diferencias al respecto; sin embargo, la edad se mostró como un factor determinante. El resultado del estudio implica que a medida que la edad avanza hay menos oportunidades para localizar el segundo conducto en la raíz distal de los M1 inferiores. Se puede suponer que con la edad, el diente es expuesto a varias agresiones tales como caries, atrición,

erosión, etc., llevando a la calcificación del orificio o del propio conducto por la aposición de dentina.



En la **Tabla 6**, se pueden apreciar claras diferencias entre los estudios in vitro e in vivo. Clínicamente el 50% de las raíces distales tienen dos conductos (Pattanshetti y cols. 2008, Fabra Campos 1985, Al-Nazhan 1999). Aproximadamente en la mitad de éstas son independientes y en la otra se unen compartiendo el mismo foramen apical. Los estudios in vitro, que en su mayoría emplean la técnica de diafanización, suelen mostrar con mayor frecuencia la configuración Tipo I (Peiris y cols. 2008, Peiris y cols. 2007, Gulabivala y cols. 2002, Gulabivala y cols. 2001, Zaatari y cols. 1998, Rocha y cols. 1996, Vertucci 1984, Pineda y Kuttler 1972). Según Fabra Campos (1985) quizá una posible explicación ante esta diferencia es que en raíces distales parcialmente divididas por la aposición de dentina entre la parte DV y la DL, la tinta inyectada en raíces transparentes es capaz de penetrar y mostrar la imagen de un solo conducto; mientras en clínica, las limas sólo pueden optar por recorrer la zona vestibular o la zona lingual, pero no el centro de la raíz. Tras la instrumentación, el resultado serán dos conductos independientes, tal vez con la aparición de un istmo o comunicación entre ellos.

El estudio de Marroquin y cols. (2004), muestra las características de los forámenes en la raíz distal. En la **tabla 14**, vemos el tamaño medio de cada uno de ellos y la distancia media hasta la constricción apical.

Tabla 14. Tamaño del foramen fisiológico (constricción apical) en base a la presencia de 1 ó 2 forámenes apicales en las raíces distales de los M1 inferiores (Marroquín y cols. 2004).			
Foramen	D (foramen único)	DV	DL
Distancia media de constricción a ápice	1.00	0.84	0.97
Media del diámetro menor / mayor	0.24 / 0.34	0.19 / 0.26	0.17 / 0.23
Frecuencia (%)	39.63	60.37	

Profundizando en los datos de su estudio, en el caso más extremo, la distancia entre el foramen apical y el ápice anatómico fue de 2.66 mm (**Tabla 14**). La forma predominante de la constricción apical es oval, por lo que se deben tener en cuenta los dos diámetros presentes a la hora de seleccionar la lima apical maestra en nuestro tratamiento de conductos. En los casos de un solo conducto en la parte apical de las raíces distales, se debería llegar al menos con una lima del 35 para limpiar completamente la constricción apical. Si hay dos conductos independientes, en el DL sería suficiente la lima del 25, mientras que en el DV se debería alcanzar un 27. De ahí la importancia de detectar si se juntan o no, ya que además de en la forma de instrumentarlo, también varía el diámetro apical de la instrumentación.

En un estudio similar realizado años antes por Morfis y cols. (1994) se obtuvo una incidencia de un foramen único en la raíz D en el 100% de los casos, pero la muestra utilizada fue sólo de 17 M1. La media de su tamaño fue de 0,39 mm, pero no especifica si redondos u ovals.

Wu y cols. (2000) evaluaron la presencia de conductos ovals en todas la piezas dentarias. Cuando el diámetro mayor (que en los M1 inferiores siempre es el VL) era al menos el doble que el diámetro menor, los denominaron como grandes conductos ovals. Esta morfología se presenta en los M1 inferiores en el 25% de sus raíces, tanto distales como mesiales. Esta información es de vital importancia, pues está directamente relacionada con dos factores:

- ◆ Se hace necesaria una medida precisa del tamaño de cada conducto de forma individual antes de decidir el grado de ensanchamiento apical que se va a realizar, en vez de confiar exclusivamente en recomendaciones generales.

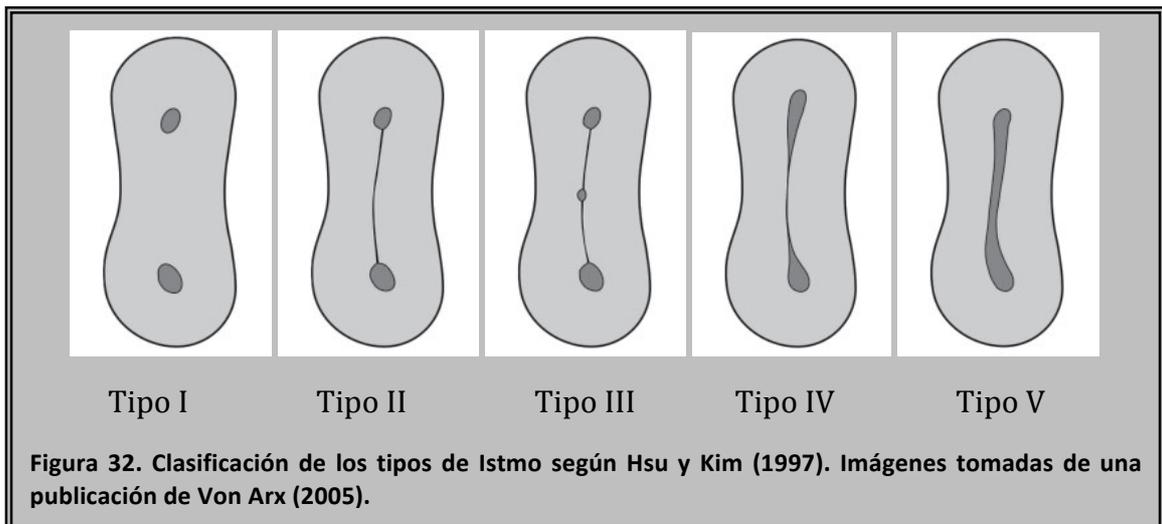
- ◆ Muchos de estos conductos no pueden ser instrumentados totalmente, pues conllevaría errores iatrogénicos como perforaciones o stripping, por lo que se debe enfatizar la importancia de la irrigación. La irrigación con hipoclorito sódico al 5% puede ser beneficiosa para disolver la materia orgánica de aquellas áreas sin instrumentar y las microvibraciones acústicas producidas mediante irrigación ultrasónica pueden mejorar la limpieza de los conductos ovales.

2.5. Comunicaciones interconducto – istmos.

Inicialmente las raíces mesiales de los M1 inferiores albergan en su interior un solo conducto acintado. A partir de los 11 años, la formación de dentina en su interior llevará a su división en dos conductos, totalmente independientes o no, u otros patrones morfológicos menos comunes (Peiris y cols. 2008). Al principio hay intercomunicaciones muy grandes y a medida que se va depositando dentina secundaria, esas grandes comunicaciones se dividen en otras más pequeñas y numerosas. En ocasiones, a diferentes alturas dentro de la raíz, ese cierre no se produce, o lo hace parcialmente. Se puede observar una comunicación entre el conducto MV y el ML en el primer caso, o bien proyecciones del uno hacia el otro sin llegar a unirse, en el segundo caso, que se denominan istmos. Los depósitos dentinarios explicarían que el número de intercomunicaciones vaya aumentando desde los 11 a los 40 años. A partir de ahí, Gu y cols. (2009) observan que su frecuencia disminuye. Evalúan mediante MCT 36 raíces mesiales de M1 inferiores, divididas en tres grupos de edad. Sus resultados sobre la incidencia de istmos muestran un 50% para los menores de 40 años, 41% entre los 40 y los 60 años y tan sólo un 24% para los mayores de 60 años.

En función de la relación entre ambos conductos, Hsu y Kim (1997) nos muestran una clasificación de los diferentes tipos de istmo que podemos encontrar (**Figura 32**):

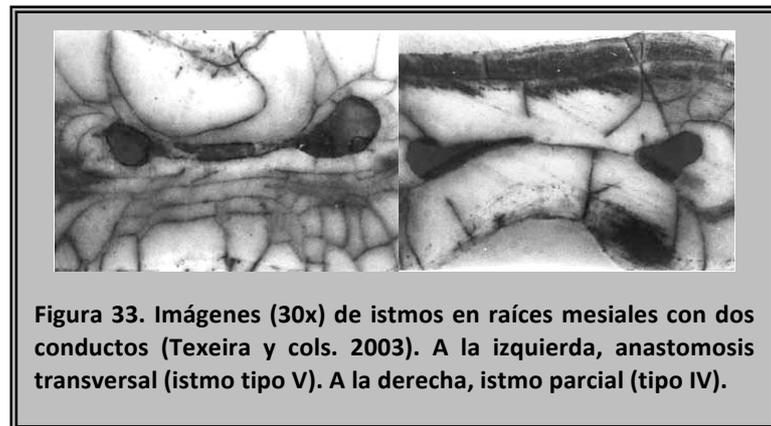
- ◆ **Tipo I:** Dos o tres conductos sin comunicaciones notables.
- ◆ **Tipo II:** Dos conductos con una conexión clara entre ellos.
- ◆ **Tipo III:** Similar al anterior, pero con la presencia de tres conductos.
- ◆ **Tipo IV:** Dos conductos que se extienden hacia el área del istmo.
- ◆ **Tipo V:** Auténtica conexión o anastomosis transversal de toda la sección radicular.



La presencia de dos conductos en la raíz mesial es mucho más frecuente que en la distal; por tanto la incidencia de comunicaciones interconducto en ella será mayor. En la **tabla 7** se muestra un resumen de los datos ofrecidos por diversos estudios. Sólo hemos tenido en cuenta las comunicaciones interconducto completas por su extrema dificultad para limpiar y sellar durante el tratamiento endodóntico, pero si añadiésemos los istmos parciales, los porcentajes de aparición se elevarían considerablemente. La mayor parte de los estudios están realizados in vitro mediante el uso de la técnica de diafanización. Los resultados sobre la presencia de anastomosis transversales en las raíces mesiales de los M1 inferiores van desde el 51% al 77.4% (Peiris y cols. 2008, Ahmed y cols. 2007, Peiris y cols. 2007, Sert y cols. 2004, Villegas y cols. 2004, Gulabivala y cols. 2002, Gulabivala y cols. 2001, Çalişcan y cols. 1995, Vertucci 1984).

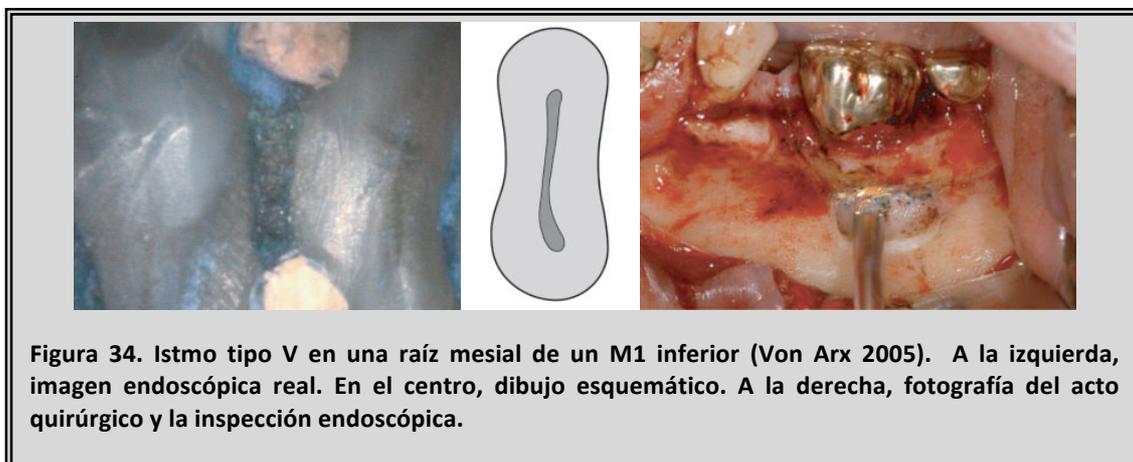
Las publicaciones in vitro en las que la metodología de trabajo es la observación de cortes radiculares (**Figura 33**), muestran porcentajes menores de aparición (Texeira y cols. 2003, Jung y cols. 2005). Estos autores explican que quizá la causa sea la mayor dificultad para localizarlos (ha de coincidir el corte realizado con la presencia del istmo) o incluso la posible eliminación de istmos durante el proceso de resección radicular. Mannocci y cols. (2005) utilizaron la MCT para obtener numerosos cortes de cada milímetro de la raíz a estudiar. El resultado fue de un 50% de incidencia, pero debido a lo costoso de la técnica y al tiempo que consumía, la muestra sólo ascendió a 20 M1 inferiores.

El único estudio in vivo, fue llevado a cabo por Von Arx (2005). Realizó numerosas cirugías periapicales en M1 superiores e inferiores y, tras la resección radicular, inspeccionó el corte realizado mediante endoscopia antes de



realizar la preparación y obturación retrógradas (Figura 34). El porcentaje de anastomosis transversales fue del 29%, menor que en cualquier otro estudio, pues sólo tiene la posibilidad de examinar un único corte de cada raíz. A destacar, que de las 124 raíces sometidas a cirugía, 52 eran raíces mesiales de M1 inferiores. Esto evidencia las complejidades anatómicas de este molar, pues la raíz mesial presentó el mayor porcentaje de fracaso del tratamiento de conductos. Se trataron 52 raíces mesiales y sólo 28 raíces distales.

Respecto a la raíz distal, pocos estudios hablan de intercomunicaciones en su interior, pues muchos de ellos la definen con un conducto único, sobre todo si la muestra es pequeña. Peiris, en sus dos estudios (Peiris y cols. 2008, Peiris y cols. 2007), coincide con Gulabivala y cols. (2001) y describe un 12% de intercomunicaciones. Sert (2004) sube el porcentaje hasta el 20%, resultado similar al obtenido por Çalişcan y cols. (1995). Un estudio in vitro muestra un porcentaje mucho



mayor que asciende al 55%, el de Vertucci (1984). Analizando más en detalle sus resultados, el 70% de las raíces distales presenta un solo conducto, por lo que entendemos que ese 55% de intercomunicaciones en la raíz D reflejado en la **tabla 7** debe hacer referencia sólo a las raíces distales con dos conductos y no al total de M1 inferiores.

En el estudio clínico de Von Arx (2005), vemos que sus resultados coinciden con el resto de publicaciones y de las 21 raíces distales tratadas, encuentra un 21% de anastomosis transversales.

Von Arx (2005), en pacientes sometidos a cirugía periapical, encuentra a unos 3-4 mm (dependiendo del corte del ápice) un 83% de istmos (teniendo en cuenta las comunicaciones interconducto, pero también los istmos tipo II, III y IV) en las raíces mesiales de M1 inferiores con dos conductos. En un artículo previo Von Arx y cols. (2003) demuestran que con endoscopia se puede ver el istmo mejor que con microscopio de escaneado electrónico, y además permite realizar un estudio in vivo, durante cirugías perirradiculares, de la forma y frecuencia de dichos istmos. Se debe resaltar el hecho de que en este estudio, puesto que son pacientes para cirugía con fracaso de un tratamiento de conductos previo, la frecuencia de un istmo podría ser mayor de lo real. Al ser el istmo una causa de fracaso endodóntico, la muestra se ve alterada. Las configuraciones de istmo más frecuentes fueron tipo IV y V. El problema de este estudio, según los autores, es que sólo se puede evaluar un corte de la raíz, a diferencia de estudios in vitro. La frecuencia de istmo en las raíces mesiovestibulares de molares M1 superiores fue menor. Sin embargo, una reciente publicación en la que evalúan mediante microtomografía computarizada los últimos 5 mm de 70 raíces mesiales de M1 inferiores, confirma sus resultados y nos muestra un 86% de istmos (Fan y cols. 2010).

Los istmos, parciales o completos, tienen un importante significado en el tratamiento endodóntico no quirúrgico y en la cirugía periapical. Se necesita una adecuada limpieza, desinfección y obturación de los mismos para poder ofrecer un buen pronóstico tras un tratamiento de conductos ortógrado. A pesar del enorme desarrollo tecnológico actual, la limpieza y conformación de los istmos de manera no quirúrgica sigue siendo problemática (Gulabivala y cols. 2001). De hecho, una interesante observación de Von Arx es que ningún istmo había sido obturado en el tratamiento ortógrado.

La existencia de un istmo sin tratar puede ser una de las causas de fracaso del tratamiento endodóntico. En cirugía perirradicular, un istmo no tratado puede suponer

también un reservorio para infecciones recurrentes y producir la persistencia de la inflamación (Gu y cols. 2009). La zona donde con más frecuencia se puede encontrar una anastomosis transversal es en el 1/3 medio (**Tabla 7**). Gu y cols. (2009) señalan que a la hora de llevar a cabo una cirugía apical, no es suficiente con cortar arbitrariamente 3 mm apicales y realizar una retropreparación. Una resección radicular insuficiente puede no exponer el tejido del istmo para su limpieza y obturación.

Varios autores hacen hincapié en tener siempre presente los istmos a la hora del acto quirúrgico. Es cierto que al seccionar los milímetros apicales de la raíz, estaremos eliminando el 98% de los deltas apicales y conductos laterales, pero esta resección, al alcanzar el tercio medio radicular, puede exponer otros elementos anatómicos como los istmos, que deben ser considerados durante el procedimiento (Villegas y cols. 2004, Hsu y Kim 1997, Mannocci y cols. 2005).

Buscando información sobre cómo conseguir limpiar estos istmos, encontramos dos artículos in vivo sobre raíces mesiales de molares inferiores (Burlison y cols. 2007, Gutarts y cols. 2005). En el primero, en raíces necróticas, concluyen que el uso de 1 minuto de activación ultrasónica de la irrigación, tras una instrumentación y conformación manual/rotatoria, ha demostrado mejorar la limpieza del conducto y de los istmos, en cuanto a una mayor remoción de restos necróticos y biofilms (**Figura 35**). Traducido a términos clínicos, debería equivaler a una mayor tasa de éxito, mediante el uso de este sistema (Burlison y cols. 2007). El mismo estudio había sido realizado dos años antes utilizando dientes vitales, con resultados similares (Gutarts y cols. 2005).



Figura 35. Limpieza de istmos con irrigación ultrasónica. A la izquierda, istmo sin irrigación ultrasónica. A la derecha, istmo en el que se realizó irrigación ultrasónica. (Burlison y cols. 2007).

2.6. Conductos laterales y furcales.

Para tener éxito en el tratamiento de conductos es necesario eliminar todas las fuentes de infección. Esto requiere un profundo conocimiento de la anatomía de los conductos y de las relaciones del diente con sus estructuras vecinas. Hay un consenso general sobre la relación directa existente entre los tejidos pulpares y periodontales. Este hecho se ve perfectamente ilustrado por la aparición de una necrosis pupar tras un tratamiento periodontal y el fallo en la resolución de algunas lesiones periodontales sin un tratamiento endodóntico (Vertucci 1974). La terapia periodontal puede ser por sí misma un factor etiológico en el desarrollo de una patología pulpar. En el alisado de las superficies radiculares, pueden abrirse conductos laterales y exponer los túbulos dentinarios. El sondaje profundo y los procedimientos de raspado y alisado radicular pueden romper vasos en la región furcal y por lo tanto causar el cese de nutrición de porciones de tejido pulpar, con la resultante necrosis pulpar (Vertucci 1974).

La lesión periodontal aislada en la región furcal de un molar posterior, sin la evidencia de destrucción periodontal en otros sitios de la boca, suele ser de origen pulpar exclusivamente. Los endodoncistas observan de manera frecuente áreas radiolúcidas de patología en la región furcal, sin una destrucción del hueso periapical. Estas áreas normalmente se resuelven completamente tras la terapia endodóntica, sin intervención periodontal. Esto no es sorprendente si consideramos que el hueso en la región furcal es relativamente fino, y la inflamación normalmente comienza en la porción coronal y se extiende hacia apical de manera gradual. Es posible, por tanto, que los productos inflamatorios puedan causar daño en esta región bastante antes de que alcancen la zona periapical (Vertucci 1974, Garrido-Martínez 1999).

En el tratamiento de las lesiones combinadas es de vital importancia reconocer que la patología es de origen tanto endodóntico como periodontal. Esta condición se desarrolla desde la combinación de una lesión periapical o lateral debida a la necrosis pulpar con un defecto periodontal existente. Además, una pulpa necrótica contribuye de manera frecuente a perpetuar esta condición. Ha sido llamada periodontitis retrógrada. En estas situaciones una cura efectiva no puede ser conseguida sin la eliminación de los dos factores etiológicos. La mayor parte de los periodoncistas recomiendan que la terapia endodóntica preceda a la periodontal para eliminar una de las fuentes de irritación de las estructuras periodontales y aumentar por tanto la respuesta al tratamiento (Vertucci 1974).

El fracaso de un tratamiento endodóntico puede deberse a la enfermedad periodontal. Las bolsas periodontales y la pérdida ósea pueden exponer conductos laterales situados en la región furcal. Estos conductos pueden entonces contaminarse, situación que puede llevar a la reinfección del conducto radicular y favorecer el consiguiente fracaso endodóntico (Vertucci 1974).

La etiología de dichos conductos fue descrita por Seltzer y Bender (Dammaschke y cols. 2004). Presumiblemente se deben a un fallo localizado en la formación de la vaina de Hertwig, con la consecuente falta de diferenciación de odontoblastos y formación de dentina en ese punto. El resultado es un pequeño conducto accesorio que une el conducto radicular con el ligamento periodontal. El espacio en la vaina de Hertwig probablemente se produce por la persistencia de vasos sanguíneos que alcanzan la pulpa situados anómalamente. Seltzer y Bender reportaron que tras los vasos sanguíneos, en conductos accesorios permeables, también se pueden encontrar fibras colágenas, pulpa y tejido conectivo.

2.6.1. Conductos laterales.

Entendemos por conducto lateral a toda aquella ramificación del sistema de conductos principal localizada en el tercio medio o cervical, que alcanza el periodonto lateral (Soares y Goldberg 2002).

Los datos sobre conductos laterales en M1 inferiores son variables en cuanto a su incidencia (**Tabla 15**). Su frecuencia en la raíz mesial de los M1 inferiores va del 25 al 52% (Vertucci 1984, Çalişcan y cols. 1995, Ahmed y cols. 2007, Peiris y cols. 2007, Peiris y cols. 2008). Sólo los estudios dirigidos por Gulabivala (Gulabivala y cols. 2001, Gulabivala y cols. 2002) muestran porcentajes muy inferiores. Quizá el problema es que nos ofrecen el porcentaje total de conductos laterales de los M1 de sus estudios, sin separar los resultados en raíz mesial, distal y distolingual. A pesar de estas diferencias, donde hay un acuerdo absoluto es en identificar el 1/3 apical como la zona radicular donde se encuentran el mayor número de conductos laterales.

Dammaschke y cols. (2004) hacen un estudio con MEB (Microscopio Electrónico de Barrido) y evalúan el porcentaje de forámenes accesorios en las raíces de los M1 inferiores. La incidencia fue del 72%, con una media de 2,6 forámenes por molar y un tamaño medio de 52 µm. En las paredes laterales la frecuencia fue del 56%. El problema, tal y como comentan los autores, es que no se pueden extrapolar

sus resultados al número de conductos laterales; el hecho de observar un foramen accesorio con el microscopio en el exterior de la raíz, no indica necesariamente que detrás haya un conducto lateral permeable. En muchas ocasiones, quizá en su día hubo un conducto lateral, pero ahora se encuentra obliterado.

Autor/año	Nº de M1	% Raíz M / Raíz D	1/3 más frecuente	Metodología
Al-Qudah y Awawdeh 2009	330	0.9/3	1/3 apical	In vitro (D)
Peiris y cols. 2008	177	52 / 33.9	1/3 apical	In vitro (D)
Ahmed y cols. 2007	100	52 / -	1/3 apical	In vitro (D)
Peiris y cols. 2007	100	44 / 30	1/3 apical	In vitro (D)
Sert y cols. 2004	200	27.5 / 22.5	1/3 apical	In vitro (D)
Gulabivala y cols. 2002	251*	3.2	1/3 apical	In vitro (D)
Gulabivala y cols. 2001	292*	18.5	1/3 apical	In vitro (D)
Çalışcan y cols. 1995	100	25 / 34	1/3 apical	In vitro (D)
Vertucci 1984	100	45 / 30	1/ 3 apical	In vitro (D)

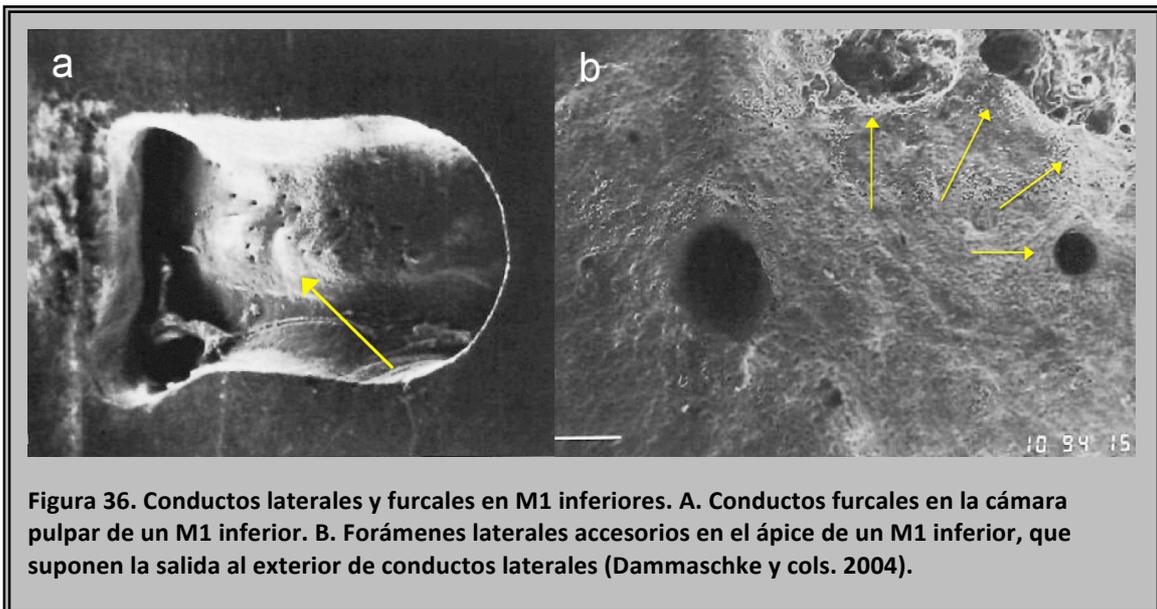
* Estas cifras no corresponden al número de M1, sino a la suma de todas las raíces del estudio (M, D y DL). D: Diafanización.

2.6.2. Conductos furcales.

Entendemos por conducto furcal a toda aquella ramificación del sistema de conductos principal que sale del piso de la cámara pulpar y termina en la bifurcación o trifurcación radicular (Soares y Golberg 2002).

La íntima relación entre los tejidos pulpares y periodontales ha sido ampliamente estudiada. En la cámara pulpar de los molares inferiores, en la bifurcación o trifurcación, se pueden encontrar conductos accesorios (**Figura 36**), pero su presencia no es obligada. Estos conductos, generalmente estrechos, permiten únicamente el paso de arteriolas de diámetro muy reducido. A raíz de una necrosis

pulpar, un conducto accesorio es una vía potencial que puede producir una patología periodontal en la zona. Una bolsa periodontal profunda puede exponer la entrada a un conducto accesorio y, por tanto, permitir que microorganismos o sus productos metabólicos alcancen la cámara pulpar. Está demostrado que dientes libres de caries, sin signos de patología periapical, pero con signos de enfermedad periodontal mostraban inflamación pulpar. Por tanto, hemos de enfatizar la necesidad de comprobar la vitalidad pulpar en casos de enfermedad periodontal avanzada (Dammaschke y cols. 2004).



Las diferencias en los resultados sobre conductos accesorios en la región furcal son enormes. Varias publicaciones rechazan su existencia mientras otras muestran hasta un 76% de incidencia (Burch y Hulen 1974). Las discrepancias en los resultados pueden deberse a la selección de los dientes y los métodos utilizados para el estudio. El uso de muestras pequeñas, la utilización de primeros y segundos molares en el mismo grupo, y el uso de dientes de un mismo grupo de edad tiende a sesgar el resultado. Además si es un estudio radiográfico puede no permitir la visualización de conductos muy finos. Este punto ha sido demostrado por Vertucci y Anthony (1986) donde el método radiográfico falló en demostrar la presencia de conductos accesorios y furcales que estaban presentes cuando los especímenes fueron evaluados bajo MEB. Los estudios que utilizan la inyección de tinta para detectar estos conductos, sólo evalúan aquellos que son permeables (la tinta pasa a la

furca desde coronal) y los que observan el suelo de la cámara pulpar con microscopio no saben si son permeables o no.

Vertucci y Williams (1974) estudiaron 100 M1, observando un 46% de conductos accesorios en la zona de la furca. Encontraron diferentes patrones:

- ◆ El 13% tenía un conducto único que iba desde el suelo de la cámara pulpar a la región interradicular del diente. Fueron denominados conductos furcales. De ellos, 57.1% nacen del centro del suelo de la cámara pulpar, 28.5% desde la zona mesial y el 14.4% de la parte distal del suelo.
- ◆ El 23% presenta un conducto lateral que nace de uno de los conductos principales y desemboca en la región furcal. El 80% nacen del conducto D y el 20% del M.
- ◆ En un 10% había una combinación de ambos.

En el estudio realizado por Vertucci y Anthony (1986) con MEB (que permite magnificaciones desde x10 a x2000), el diámetro para los forámenes accesorios varió de 4 a 720 μm y el número fue desde 0 hasta 20 en algún espécimen. El 32% de los M1 inferiores mostró forámenes tanto en la suelo de la cámara pulpar como en la región furcal, imposibles de ver radiográficamente. Esta peculiaridad anatómica afecta más a los M1 inferiores que a los superiores. En las áreas denudadas de cemento hay una mayor incidencia de forámenes accesorios, mostrando de nuevo la importancia de las relaciones endo-periodontales. La distancia media desde el suelo de la cámara pulpar hasta la parte inferior de la región furcal fue de 3,9 mm y, generalmente, a mayor distancia, mayor incidencia de ambos conductos laterales y furcales. Un dato curioso del estudio es la presencia de un 70% de los forámenes cerrados. El mecanismo de cierre podía producirse de tres formas diferentes; unos estaban taponados por cemento, otros por un tejido de osteocemento y otros con el tejido propio de los túbulos dentinarios. Las tres opciones representan los mecanismos naturales de protección del diente ante una agresión.

Gaite-García y cols. (1997) examinaron mediante SEM la región furcal de 90 molares inferiores (M1 y M2) y encontraron que el 60% presentaban conductos accesorios en la furca, con un promedio de 3,1 por molar. El diámetro medio fue de 50,3 μm . Recalcan su importancia en la aparición y desarrollo de lesiones endoperiodontales. Dada su metodología los autores explican que no se puede saber si esos forámenes accesorios son permeables o no.

Haznedaroğlu y cols. (2003) encuentran en 50 M1 inferiores que un 24% de los conductos accesorios son permeables. Antes de utilizar el microscopio para contemplar la furca de dichos molares, eliminan todo el tejido pulpar e introducen un método de tinción en la cámara. Tras ello, evalúan la furca pero sólo contabilizan aquellos forámenes accesorios en los que la tinta ha alcanzado la región furcal desde el suelo de la cámara pulpar; es decir, aquellos que son permeables. Resultados similares obtienen Sert y cols. (2004), al transparentizar 200 M1 inferiores y encontrar en un 24% de ellos conductos laterales permeables en el 1/3 coronal de las raíces. Dammaschke y cols. (2004), encuentran en 25 M1 inferiores una incidencia de forámenes accesorios en el suelo de la cámara pulpar del 28%, pero no saben si son permeables. La media fue de 1.3 forámenes accesorios por molar y el tamaño medio de 42 μm . En la región furcal la incidencia subió al 56%, con una media de 2.4 por molar y 52 μm de tamaño medio. Por ello, los autores comentan el peligro que conlleva colocar medicaciones en la cámara pulpar a base de paramonofenol alcanforado o formaldehído, pues dichas medicaciones pueden difundir a través de conductos accesorios y pueden causar una destrucción generalizada del tejido interradicular.

Reeh y ElDeeb (1990) publicaron un caso de un M1 inferior con una lesión de furca de grado III, bolsa periodontal de 11 mm por vestibular y necrosis pulpar. Se realizó un tratamiento endodóntico y el paciente no regresó a la sesión periodontal hasta varios meses después. Se le volvió a examinar y clínicamente todo estaba perfecto. La radiografía pudo evidenciar una curación competente de hueso periradicular. Recalcan la importancia de, en caso de tratamiento combinado, comenzar siempre por el endodóntico, especialmente si se va a realizar una cirugía periodontal. En estos casos es de vital importancia detectar la causa endodóntica, pues la pérdida de hueso es rapidísima, por tanto se debe iniciar el tratamiento de conductos cuanto antes y el tratamiento periodontal puede retrasarse hasta la reevaluación, si la curación de hueso no es satisfactoria.

Dada la incidencia nada despreciable de conductos furcales permeables, y que estos túbulos dentinarios pueden establecer una comunicación pulpo-periodontal, la importancia del sellado coronal para evitar el ingreso de fluido o bacterias desde el periodonto es crucial (Haznedaroğlu y cols. 2003). Por tanto, se debe hacer un esfuerzo para sellar el suelo de la cámara pulpar durante los procedimientos de obturación (Vertucci y Anthony 1986).

2.7. Relación con la anatomía oclusal.

En un tratamiento endodóntico, el primer objetivo es localizar la cámara pulpar y tras realizar su apertura, localizar la posición de los orificios de entrada a los conductos. En la literatura se muestran patrones anatómicos ideales para, a través de la proyección de la morfología coronal sobre el suelo de la cámara, facilitar la localización de los conductos. Sin embargo, tras la restauración de un diente con una corona, por ejemplo, la anatomía oclusal puede no mantener la correlación con la cámara pulpar subyacente y usar como referencia esa morfología artificial puede llevar a una perforación lateral.

Krasner y Rankow (2004) realizaron un estudio sobre 500 dientes y propusieron el límite amelocementario (LAC) como la referencia anatómica más estable (**Figura 37**). De forma independiente a la cantidad de corona clínica perdida o a la extensión de sus restauraciones, el LAC siempre se puede observar. Describieron la "**Ley de Centralidad**", basada en que la cámara pulpar siempre está centrada a nivel del LAC. Aplicado a los M1 inferiores, la cámara pulpar no está centrada en la cara oclusal, sino desplazada hacia mesial y vestibular. Sin embargo, si cortamos M1 inferiores a nivel del LAC, veremos iguales espesores de dentina rodeando la cámara pulpar.

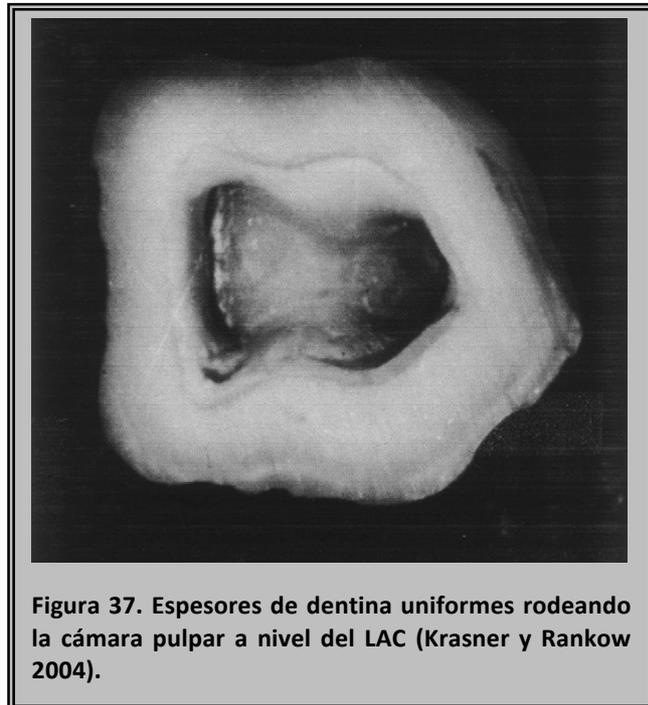


Figura 37. Espesores de dentina uniformes rodeando la cámara pulpar a nivel del LAC (Krasner y Rankow 2004).

Mickel y cols. (2007) desarrollan una metodología muy gráfica para evaluar la relación entre las cinco cúspides de la anatomía oclusal del M1 inferior y la localización de la entrada a los conductos principales. Cortaron 21 M1 inferiores por el LAC para separar la corona de las raíces. Tras ello, introdujeron 3 mm de gutapercha a la entrada de los conductos y volvieron a pegar la

corona y las raíces. A continuación, hicieron cavidades en la punta de las cúspides de los M1 y las obturaron con amalgama. Realizaron fotografías oclusales y radiografías oclusales (con un paralelismo perfecto) y superpusieron las imágenes obtenidas para relacionar la punta de las cúspides con las entradas a los conductos. Las conclusiones más importantes son:

- ◆ La fosa central siempre está dentro de la cámara pupar.
- ◆ El conducto MV está bajo la punta de la cúspide MV, o ligeramente DL.
- ◆ La cámara pulpar suele estar dentro de la tabla oclusal.
- ◆ El conducto ML, se sitúa en la línea que va de cúspide ML a DV.

Onda y cols. (1989), en un M1 inferior que presentaba una raíz distolingual y una bifurcación apical de la raíz mesial, observaron que lo más llamativo a nivel oclusal, era que la dimensión VL de la corona era mayor que la MD. A pesar de ser un caso aislado, manifiesta las relaciones entre anatomía oclusal y radicular. Reeh (1998), en un M1 inferior de 7 conductos también pudo apreciar que la dimensión VL de la corona era superior a la MD, adoptando una forma cuadrada. Sperber y Moreau (1998) observaron que en un 20% de los M1 inferiores con tres raíces, había 6 cúspides en oclusal. La sexta cúspide se sitúa entre las dos linguales. Todos los M1 inferiores con 6 cúspides presentaban una raíz extra.

Reuben y cols. (2008) examinaron 125 M1 con la ayuda de la Tomografía Computarizada Helicoidal (STC) relacionando la cámara pulpar con la anatomía externa de los molares. Obtuvieron que el LAC y el suelo de la cámara pulpar sólo coincidían en un 37% de las muestras. De media, el suelo cameral se situó 0,34 mm por debajo del LAC. La distancia media de la fosa central a la furca fue de 8.95 mm.

2.8. Otras anomalías.

2.8.1. Dislaceración.

La dilaceración es una desviación en la relación lineal de la corona de un diente en relación al eje radicular; debido a una angulación o brusca curvatura de 90° o más, en la raíz o en la corona de un diente desarrollado. Su etiología suele ser un trauma mecánico en la porción calcificada del diente durante su formación, pero también se habla de una verdadera anomalía durante el desarrollo sin un historial de

trauma (Miloglu y cols. 2010). Su diagnóstico es fundamental para realizar correctamente un tratamiento de conductos; se ha observado que un fracaso en el diagnóstico de una dilaceración contribuye a una mayor tasa de fracaso endodóntico (Malčić y cols. 2006). El diagnóstico es radiográfico, donde podemos observar la curvatura, si está en el plano MD, o bien una imagen “en ojo de buey”, si la curvatura recorre el plano VL (**Figura 38**).

El diagnóstico es radiográfico, pero existe controversia acerca de los criterios para considerar una variación en el eje de la raíz como dislaceración. De acuerdo con algunos autores, se considera que un diente tiene una dislaceración hacia mesial o distal si existe un ángulo de 90° o más con respecto al eje de la raíz. Otros autores definen la dislaceración como una desviación de la parte apical de la raíz con respecto al eje del diente de 20° o más (Miloglu y cols. 2010).

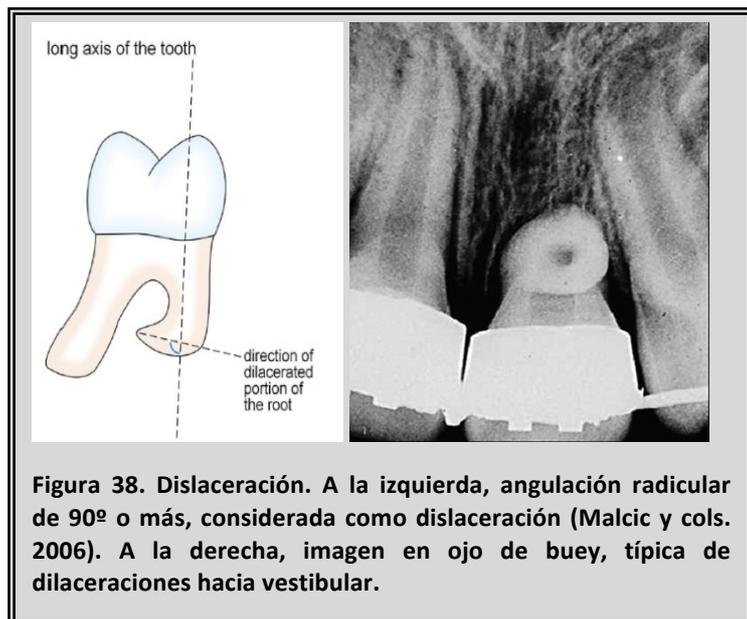
Hay varias referencias en la literatura sobre casos aislados, pero sólo tres sobre la incidencia de esta anomalía en el M1 inferior. De los 430 M1 inferiores que fueron evaluados por

Hamasha y cols. (2002), un 5.6% presentaban

dilaceración, por lo que no es tan infrecuente y debemos tenerla en cuenta. En un trabajo similar, además de radiografías

periapicales, utilizaron ortopantomografías y vieron que su precisión a la hora de detectar esta anomalía fue menor. En este estudio

realizado en una población de Croacia, la incidencia de dilaceraciones fue del 2.2% para el M1 inferior (Malčić y cols. 2006). En el estudio más reciente al respecto, llevado a cabo por Miloglu y cols. (2010) se evaluaron 527 primeros molares inferiores mediante radiografías periapicales y se obtuvo una incidencia de esta anomalía del 5.3%. Sus resultados son muy similares a los descritos por Hamasha y cols. (2002).



2.8.2. Taurodontismo.

El taurodontismo es una anomalía morfológica en la que el cuerpo del diente se ve alargado a expensas de la raíz (**Figura 39**). Debido a ello, la cámara pulpar tiene una mayor altura que los diente cynodónticos, adoptando una forma rectangular (**Figura 40**). Por tanto, la distancia desde la bifurcación de las raíces al LAC es mayor que la distancia ocluso-cervical. Un diente cynodóntico es aquel que no exhibe ninguna de las características del taurodontismo. La etiología es comúnmente atribuida a un fallo en la invaginación de la vaina del epitelio radicular. Su prevalencia va del 2.5% al 11.2% de la población humana y se ha observado una transmisión autosómica. Goldstein y Gottlieb (1973) demostraron su carácter familiar, al investigar 14 casos de pacientes con molares taurodónticos y observar cómo 11 de ellos tenían relaciones familiares. Tiku y cols. (2003) nos muestran un caso de un niño de 10 años con todos los primeros molares permanentes hiperturodónticos.

El taurodontismo afecta a un 2.5-3.5% de la población caucásica con cromosomas normales, pero puede venir acompañando a alteraciones en los cromosomas sexuales, como los síndromes de Down o de Klinefelter (Tiku y cols. 2003).

El síndrome de Klinefelter es un hipogonadismo en machos, y supone la anomalía cromosómica más frecuente en humanos. Dentro de sus manifestaciones dentofaciales podemos encontrar el taurodontismo y puede detectarse tras la pubertad.

Las piezas más afectadas por el taurodontismo son los molares y el diagnóstico es radiográfico. Puede clasificarse como mediano, moderado y severo (hipo, meso e hiper respectivamente), en función del grado de desplazamiento apical del suelo de la cámara pulpar (Rao y Arathi 2006) (**Figura 41**). Esta anomalía se presenta más frecuentemente en los molares mandibulares que en los maxilares y

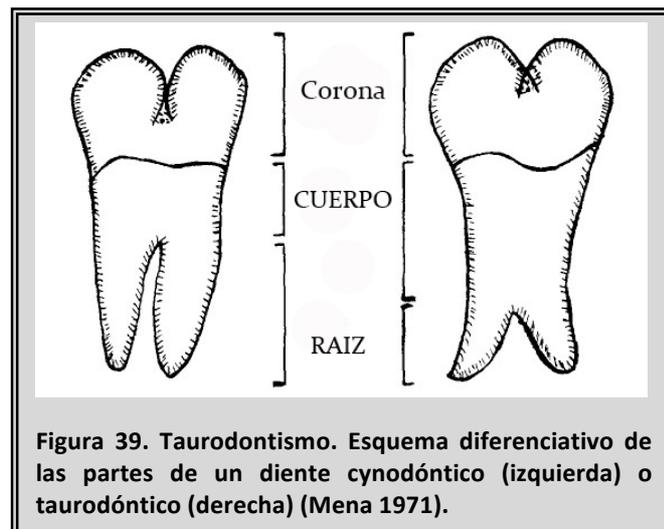


Figura 39. Taurodontismo. Esquema diferenciativo de las partes de un diente cynodóntico (izquierda) o taurodóntico (derecha) (Mena 1971).

muestra una amplia variación en el tamaño y forma de la cámara pupar (**Figura 40**), con un grado de obliteración de los conductos variable, el tratamiento de conductos se convierte en un reto. Además las cámaras pulpares pueden estar obliteradas por pulpólitos (Rao y Arathi 2006). Los autores hacen hincapié en la importancia del diagnóstico con radiografías preoperatorias.



Figura 40. M1 inferior mesotaurodóntico y M2 inferior hipertaurodóntico (Joseph 2008).

En odontología conservadora, las preparaciones dentarias en dientes taurodónticos conllevan un mayor riesgo de exposición pulpar; por ello, en determinados pacientes se ha sugerido la utilización de coronas preformadas de acero inoxidable para prevenir la caries. Los pacientes con cierto grado de retraso mental suelen tener menor higiene oral, aumentando el riesgo de afectación pulpar y la necesidad de tratamiento de conductos, cuya dificultad aumenta cuanto mayor es el grado de taurodontismo.

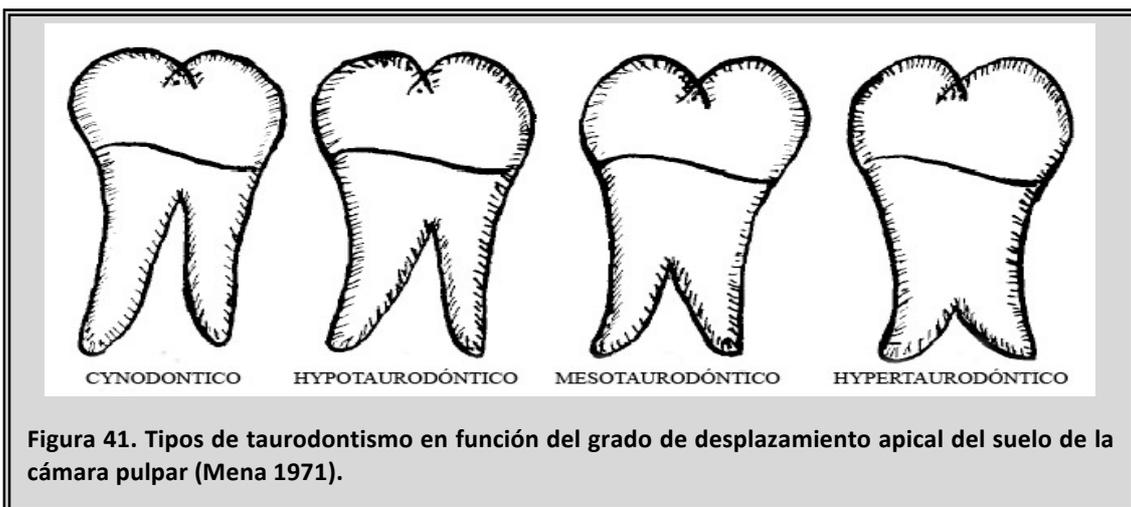


Figura 41. Tipos de taurodontismo en función del grado de desplazamiento apical del suelo de la cámara pulpar (Mena 1971).

2.8.3. Fusión.

La fusión es una anomalía que surge durante el periodo de morfodiferenciación del diente como resultado de una aberración en el desarrollo tanto del ectodermo como del mesodermo (Tesis y cols. 2003). Aunque su etiología no está clara, su severidad viene dada por la etapa de formación del diente afectado (**Figura 42**). Su prevalencia es inferior al 1% y suele afectar al grupo anterior, siendo muy rara en molares permanentes.



Figura 42. Fusión de un primer molar inferior con un 2º premolar. A la izquierda, radiografía inicial. A la derecha, radiografía de control a los 6 meses de realizar el tratamiento de conductos (Tsesis y cols. 2003).

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Análisis “in vitro”.

3.1.1. Muestra.

Durante un periodo de 5 meses, se recogieron 75 primeros molares inferiores de varios centros de Salud Pública de León (CSP Palomera, CSP Pinilla, CSP José Aguado, CSP Cistierna), así como varias clínicas privadas de la Comunidad de Madrid (Clínica Dental Dres. De la Plaza, Clínica Dental Dres. González Baquero, Clínica Dental Dra. Carmen Oteo). Se desconocen la edad, el sexo y la raza de los pacientes. Además de su posición dentro de la arcada dental en el momento de la extracción, se utilizó la anatomía coronal de las muestras para confirmar que pertenecían al grupo de primeros molares inferiores. Los molares con raíces fracturadas, reabsorciones apicales o tratamientos endodónticos previos fueron descartados. Finalmente, contamos con 53 M1 inferiores.

Todos los M1 inferiores de la muestra presentaban dos raíces, ampliamente separadas, con su morfología habitual. A nivel coronal, a pesar de los desgastes, caries y restauraciones existentes, se podía apreciar la existencia de una quinta cúspide en el ángulo DV.

Las superficies radiculares externas de los molares extraídos fueron limpiadas de restos de tejidos blandos y sarro mediante el uso de curetas manuales y ultrasonidos. Tras ello, se fueron almacenando en formol al 10% para su correcta conservación.

3.1.2. CBCT.

En el estudio de la anatomía interna del M1 inferior, para obtener las imágenes del sistema de conductos, utilizamos uno de los actuales aparatos de diagnóstico por imagen tridimensional llamado i-Cat (Xoran Technologies, Ann Arbor, USA, and Imaging Sciences International, Hatfield, USA). i-Cat utiliza la tecnología de tomografía computarizada de haz de rayos (CBCT) para escanear las muestras (**Figura 43**). En la **Tabla 16**, se exponen las especificaciones técnicas facilitadas por el fabricante.

3.1.2.1. Descripción del análisis con CBCT.

Un día antes de someter los molares al estudio con i-Cat, se sacaron del formol, se limpiaron bajo agua corriente y permanecieron secándose al aire libre durante 12 horas. Para poder ubicar las muestras en el mordedor del aparato diagnóstico, se introdujeron en bloques de plastilina, cuya densidad radiográfica es parecida al hueso, simulando en la medida de lo posible las condiciones anatómicas de los tejidos que rodean al diente en el maxilar inferior. Cuando se realiza una CBCT a un paciente, el mordedor permite situar la arcada dentaria de forma correcta, pues se encuentra justo en el centro de la zona que va a ser irradiada para obtener la imagen tridimensional (**Figura 43**).



Figura 43. Imágenes del i-Cat. La flecha roja indica la posición del mordedor.

Una vez colocados los molares en posición, se realizó un barrido preliminar, para confirmar que entraban dentro del volumen que iba a ser escaneado. Se seleccionó un tamaño de vóxel de 0.2 mm y una resolución en la reconstrucción de las muestras de 0.2 mm. Dadas las características de la CBCT, no importa la posición de las muestras al escanearlas, puesto que al registrar un volumen (y no un plano, como las técnicas tradicionales), luego se pueden analizar los resultados en cualquier plano del espacio. Sin embargo, todos los molares se colocaron con la raíz mesial al frente para facilitar posteriormente su valoración, comenzando siempre la exploración por esta raíz y continuando por la raíz distal.

A continuación las muestras, fueron extraídas de los bloques de plastilina e introducidas de nuevo en formol al 10% para su correcta conservación.

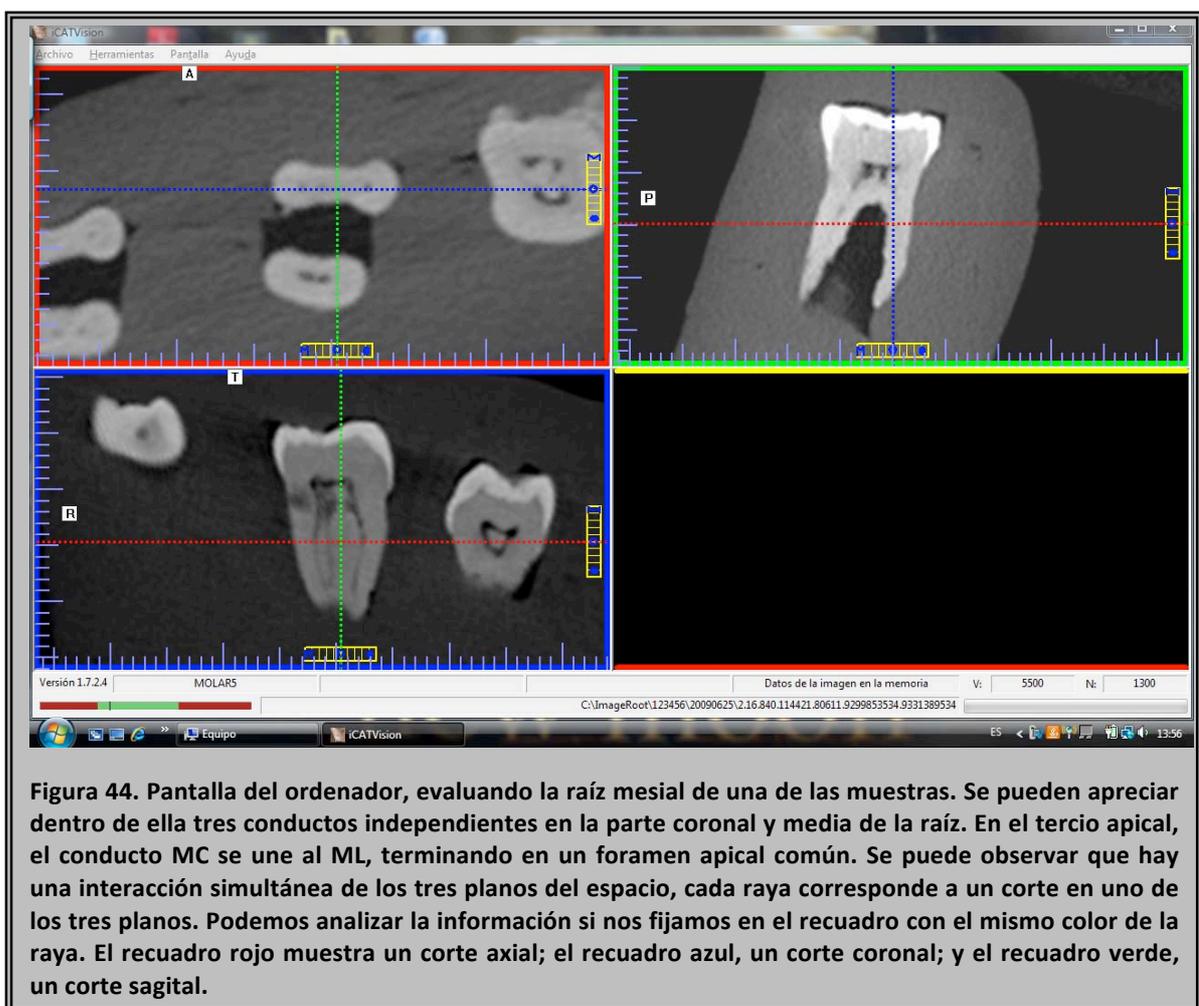
Tabla 16. Especificaciones técnicas del i-CAT.	
Baja radiación	Posibilidad de obtención de imágenes de alta calidad con una radiación para el paciente inferior a la mitad de una serie periapical completa. Nuevo rango de dosis entre 36 y 74 μ Sv para escaneados de seguimiento y niños.
Tecnología del Sensor	Panel liso de silicona amorfa de 20 x 25 cm Sensor ajustable al campo de visión requerido: <ul style="list-style-type: none"> - Apaisado: para obtener una alta resolución en campos de visión pequeños. - Retrato: para capturar amplios campos de visión.
Software	i-CATvisión TM , disponible de manera gratuita.
Resolución en escala de grises	14 bit (16.384 sombras en la escala de grises)
Tamaño de vóxel	0.4 mm, 0.3 mm, 0.25 mm, 0.2 mm, 0.125 mm
Colimación	Automática
Tiempo de escaneado	5, 8.9 ó 26.9 segundos
Dosis efectiva	36 – 74 μ Sv
Campo de visión	Escaneado estándar: 4, 6, 8, 10, 13 cm de diámetro. Campo de visión expandido (cefalométrico): 17 cm de altura 23 cm de diámetro
Forma de la reconstrucción	Cilíndrica
Tiempo normal de reconstrucción	Menos de 30 segundos
Tamaño normal del archivo	Menos de 50 MB

3.1.2.2. Recogida de datos.

Una vez realizada la exploración radiográfica con i-Cat, se crea una reconstrucción tridimensional de cada muestra del estudio. Mediante el software proporcionado por la casa comercial (Imaging Sciences), podemos visualizarla de diferentes formas. Se optó la pantalla MPR, que muestra al mismo tiempo cortes en los tres ejes del espacio. Además, permite una interacción simultánea entre ellos y ofrece la posibilidad de rotar el eje de las muestras, de tal forma que podemos

observar cortes axiales independientemente de la curvatura de las raíces (**Figura 44**). Nuestro equipamiento consta de un Procesador Intel® Core™ Core Duo CPU T7500 @ 2.20GHz, 2046 Mb de memoria RAM y Sistema Operativo Windows Vista.

En primer lugar se analizaron los datos obtenidos de las dos raíces para determinar el número total de conductos de cada molar. Para ello, se estudiaron detenidamente múltiples cortes axiales de ambas raíces, que en función del tercio radicular, y dependiendo de su configuración, pueden mostrar diversos valores. Aquella sección en la que se observó un mayor número de conductos fue utilizada para establecer el número de conductos en dicha raíz. La suma de los conductos de la raíz mesial y la raíz distal, nos aporta el número total en la muestra de estudio. Después, se volvió a analizar cada raíz, en los tres planos del espacio, para establecer la configuración de su sistema de conductos de la manera más precisa posible.



3.1.3. Estudio radiográfico digital.

3.1.3.1. Muestra.

Se utilizaron los 53 molares que constituyen la muestra y que previamente habían sido escaneados mediante CBCT. Antes de someterlos a la exploración con radiología digital, se sacaron del formol, se limpiaron bajo agua corriente y se secaron mediante gasas. Tras la exposición radiográfica los molares se volvieron a almacenar en formol al 10% para su correcta conservación.

3.1.3.2. Metodología.

Se utilizó el sistema de radiografía digital KODAK RVG 6100 (Kodak, Rochester, USA). De los tres sensores disponibles, se utilizó el tamaño 2, indicado por casa comercial para efectuar radiografías periapicales. Las especificaciones técnicas son:

- Resolución de la imagen: Superior a 20 pares de líneas / mm.
- Conexión: USB 2 de alta velocidad.
- Dimensiones externas: 22 x 30 mm.
- Dimensión de la matriz: 1200 x 1600 píxeles

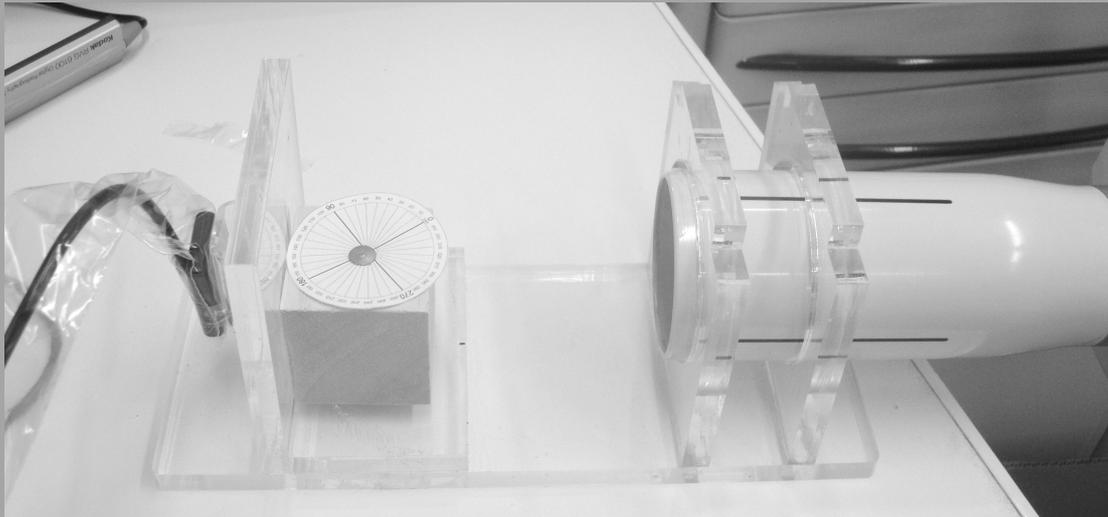
Cada molar fue posicionado sobre una superficie lisa y estable y, con la ayuda de un goniómetro, se realizaron tres proyecciones radiográficas: una ortorradial (0°), una mesiorradial (+30°) y una distorradial (-30°). Este dispositivo (**Figura 45**) fue propuesto por Iqbal y cols. (2003) como una metodología válida para conocer con exactitud la angulación de cada radiografía.

3.1.3.3. Recogida de datos.

Utilizando el software proporcionado por la casa comercial, las imágenes se fueron almacenando en el mismo ordenador utilizado para analizar los resultados de la

CBCT. Las imágenes se exportaron del programa Kodak en formato jpg. Para su análisis, se proyectaron al tamaño de una pantalla de 19 pulgadas. En base a la información que nos aportan las tres proyecciones se determinó el número de conductos en cada molar y la configuración de los mismos en las raíces mesial y distal.

Figura 45. Dispositivo propuesto por Iqbal y cols. (2003) para determinar con exactitud la angulación de las proyecciones radiográficas.



3.1.4. Apertura cameral y localización de conductos.

3.1.4.1. Muestra.

Los 53 molares que habían sido sometidos a las pruebas de estudio no invasivas y que, por tanto, mantenían intacta su anatomía interna, se sacaron del formol, se limpiaron bajo agua corriente y se procedió a realizar la apertura de la cámara pulpar y a la localización de los conductos radiculares.

3.1.4.2. Secuencia de trabajo.

La apertura de la cámara pulpar y la localización de conductos se dividió en tres fases:

- **Primera fase**, en la que no se utilizó ningún tipo de magnificación ni de ultrasonidos. Con una fresa redonda de diamante de grano grueso y tamaño #014 (Komet-Brasseler, Lemgo, Alemania), refrigerada con agua en turbina a alta velocidad, se procedió a eliminar las caries y/o restauraciones en caso de haberlas. Acto seguido, se utilizó una fresa 330 de carburo de tungsteno (Komet-Brasseler) para llegar hasta la cámara pulpar y notar la habitual caída en vacío. Una vez allí, se dio forma a la apertura y se alisaron las paredes mediante el uso de una fresa Endo Z (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suiza). En base a los datos recogidos en la revisión bibliográfica, se realizó el diseño de la apertura apropiado para localizar todos los conductos. Se efectuó con forma trapezoidal, con el lado distal casi tan ancho como el mesial, con el fin de localizar todos los conductos, específicamente un segundo conducto distal o un conducto distal acintado. Una vez ubicados los dos conductos principales en la raíz mesial, se utilizó de nuevo la fresa 330 para eliminar el murete de dentina que presenta la pared mesial de la cámara pulpar. Esta convexidad nos impide la visualización de un surco, más o menos profundo, que casi siempre existe entre ambos. Una vez expuesto dicho surco, se utilizó la sonda DG16 (Hu-Friedy, Chicago, Estados Unidos) y limas C+ #10 de 18 mm (Dentsply-Maillefer) para explorarlo e intentar localizar la entrada a un posible tercer conducto mesial (mesiocentral). De existir dos conductos distales independientes, se realizó la misma operación para descartar la presencia de un tercer conducto distal (distocentral).

- **Segunda fase**. Se procedió a utilizar ultrasonidos para seguir profundizando en el surco expuesto anteriormente entre los conductos principales de las raíces del molar, si no se habían localizado los conductos mesiocentral o distocentral. Se fue eliminando progresivamente dentina hasta que, a simple vista, no se observaba ningún surco entre los conductos principales, ni tampoco la sonda de exploración DG16 se enganchaba en ningún punto. La punta de ultrasonido seleccionada fue la ET20D (Satelec Acteon group, Merignac, Francia). En esta etapa no se utilizó ningún tipo de magnificación.

- **Tercera fase**. Se completó la exploración añadiendo al uso de los ultrasonidos un microscopio operatorio OPMI Pico Mora (Carl Zeiss, Inc, Oberkochen, Alemania) a 21,3 aumentos. Con la ayuda de la magnificación se aprecia nítidamente el surco residual entre los dos conductos principales, mesiales o distales, y permite comprobar que al profundizar con ultrasonidos el surco desaparece y no hay conductos accesorios.

En cada una de las fases, se anotó el número de conductos localizado.

Una vez terminada la apertura, cada molar volvió a ser almacenado en formol al 10% para su correcta conservación.

3.1.4.3. Análisis estadístico.

Se analizaron estadísticamente en la raíz mesial las diferencias existentes entre el número de conductos localizado en cada una de las fases de la apertura cameral. Tras ello se realizó un análisis dos a dos, comparando cada fase con las otras.

En la raíz distal, se llevó a cabo el mismo procedimiento.

Posteriormente, se unificaron los datos obtenidos de ambas raíces y se evaluó la capacidad de las técnicas evaluadas en las distintas fases de la apertura para localizar el número total de conductos de cada ejemplar, sin diferenciar a qué raíz pertenecen. Se realizó una comparación de las tres técnicas en conjunto y después un análisis dos a dos.

Por último, evaluamos la capacidad de cada técnica para localizar conductos en una u otra raíz. Para ello, se analizó si mediante la técnica del ojo desnudo (primera fase), había diferencias en la capacidad de localizar los conductos entre la raíz mesial y la distal. El mismo análisis se llevó a cabo cuando se emplearon ultrasonidos (segunda fase) y también con el uso del microscopio operatorio (tercera fase).

Las variables cualitativas se presentan con su distribución de frecuencias.

Se evaluó la asociación entre variables cualitativas con el test de Ji-cuadrado o prueba exacta de Fisher, en el caso de que más de un 25% de los resultados esperados fueran menores de 5.

Para todas las pruebas se aceptó un valor de significación del 5%.

El procesamiento y análisis de los datos se realizó mediante el paquete estadístico STATA 11.0.

3.1.5. Diafanización.

3.1.5.1. Muestra.

Se utilizaron los 53 molares que constituyen la muestra de trabajo. Se sacaron del formol en el que estaban almacenados, se limpiaron bajo agua corriente y se dejaron secar al aire durante toda noche.

3.1.5.2. Técnica de diafanización.

Se utilizó la técnica descrita por Robertson y cols. (1980) sometiendo las muestras al siguiente proceso:

- Inmersión en NaOCl al 5% durante 24 horas para eliminar todos los restos de tejido orgánico del interior y el exterior de las raíces.
- Lavado bajo agua corriente durante 2 horas.
- Inmersión en ácido nítrico al 5% durante 3 días. La solución de ácido nítrico se renueva cada día y se realiza una agitación manual tres veces al día.
- Lavado bajo agua corriente durante 4 horas.
- Inmersión de las muestras en concentraciones crecientes de alcohol para deshidratarlas. Las primeras 12 horas, en alcohol al 80%, seguido de 1 hora en alcohol al 90% y 1 hora en alcohol al 100%.
- Inmersión de las muestras en salicilato de metilo durante 2 horas, lo que las vuelve totalmente transparentes.
- Por último, se procede a inyectar tinta en la cámara pulpar, ejerciendo una presión negativa desde los ápices con el eyector de saliva del equipo dental, para que dicha tinta recorra todas las sinuosidades del sistema de conductos y salga por los forámenes apicales.

Tras este proceso las raíces se han vuelto transparentes y podemos apreciar, totalmente teñido de negro, el espacio correspondiente al sistema de conductos radicular en las muestras.

3.1.5.3. Recogida de datos.

Con esta técnica, los molares sólo son totalmente transparentes mientras permanecen sumergidos en el salicilato de metilo. Para resolver este inconveniente y poder fotografiarlos, se llenó un recipiente de vidrio de base plana con este líquido y se colocó encima de un negatoscopio. De esta manera, la luz se proyectaba en los molares desde abajo y pudimos realizar fotografías digitales (Canon modelo número 550D, Tokio, Japón). Las imágenes fueron tratadas con el programa Adobe Photoshop CS4 (Adobe Systems, San Jose, USA) y se proyectaron en la pantalla de un ordenador de 19 pulgadas para contabilizar el número de conductos y las configuraciones presentes.

Al estar las dos raíces unidas, y ser transparentes, los conductos de ambas se superponen y es imposible fotografiarlas desde mesial o distal de forma que se visualice correctamente todo el sistema de conductos. Por ello, las muestras se fotografiaron intactas y, acto seguido, se utilizó un alicate de cortar alambre para separar las raíces. A continuación, se fotografió cada raíz por separado y se obtuvieron imágenes nítidas e independientes todas ellas. Para evitar errores en el número de conductos total de cada molar, a la vez que se hicieron las fotografías se fue anotando el número de conductos presentes, sumando los de las raíces mesial y distal. Además, una vez separadas, se tomaron fotografías de las dos raíces, una al lado de la otra, para poder identificarlas en cualquier momento como las raíces de un determinado molar.

3.1.6. Análisis estadístico.

Uno de los objetivos principales de este trabajo es comprobar si una nueva técnica de exploración de la anatomía dental, como la CBCT, es capaz de diagnosticar la compleja morfología del sistema radicular de conductos en los primeros molares inferiores. La diafanización de las muestras y la posterior inyección de tinta es considerada como el "gold standard" para el estudio de la morfología del sistema de conductos in vitro. Por esta razón, los resultados obtenidos mediante las exploraciones con CBCT y también las radiografías in vitro fueron comparados con los resultados obtenidos tras la transparentización de las muestras.

Las variables cualitativas se presentan con su distribución de frecuencias.

Se evaluó la asociación entre variables cualitativas con el test de Ji-cuadrado o prueba exacta de Fisher, en el caso de que más de un 25% de los resultados esperados fueran menores de 5.

Para todas las pruebas se aceptó un valor de significación del 5%.

El procesamiento y análisis de los datos se realizó mediante el paquete estadístico STATA 11.0.

Se analizaron de manera conjunta las tres metodologías usadas in vitro para evaluar la variable del número de conductos presentes en la muestra. A continuación, se realizó un análisis dos a dos para poder comparar todas las técnicas entre sí. El mismo procedimiento se llevó a cabo para la variable de la configuración de los sistemas de conductos.

3.2. Estudio “in vivo”.

3.2.1. Muestra.

El presente trabajo de investigación consiste en un estudio epidemiológico longitudinal prospectivo, donde se plantea estudiar la anatomía de los conductos radiculares de los primeros molares permanentes inferiores analizando las imágenes radiográficas tras la realización del tratamiento endodóntico.

Se incluyen en la muestra 124 primeros molares permanentes inferiores tratados de forma consecutiva. Todos ellos fueron referidos a la consulta del endodoncista por otro dentista, que ya había hecho una selección previa de dificultad, y fueron evaluados en una cita previa para diagnosticar su patología y confirmar la necesidad de realizar un tratamiento de conductos.

Las endodoncias fueron realizadas por un especialista con más de 20 años de experiencia.

Para el presente estudio se planificó realizar la secuencia clínica habitual, sin alterar ninguno de los protocolos. Se estandarizó la recogida y la digitalización de las radiografías periapicales, permitiendo así una valoración más homogénea.

3.2.2. Protocolo clínico.

Los primeros molares inferiores se trataron siguiendo el mismo proceso: en todos los casos se realizó una radiografía periapical preoperatoria ortorradial, y en aquellos con tratamiento previo se realizaron sistemáticamente dos proyecciones, una mesiorradial y otra distorradial. Todos los tratamientos se hicieron bajo anestesia y aislamiento absoluto mediante la colocación del dique de goma.

La apertura cameral siempre se efectuó de forma rectangular con turbina y utilizando una fresa redonda de tungsteno 014 (Komet-Brasseler). Después del acceso, la cámara se irrigó copiosamente con hipoclorito sódico al 5.25%, se localizó la entrada a los conductos con una sonda endodóntica DG16, y se regularizaron las paredes con fresa Endo Z.

En algunos casos, debido a calcificaciones, cálculos o restauraciones profundas se utilizó, para acceder a la entrada de los conductos, cucharilla de Glick nº 2 (EXGL2, Hu-Friedy, USA), fresas largas turbina tungsteno número 010 (Komet-Brasseler) y/o ultrasonidos (P5 Booster, Suprasson, Satelec Acteon group), con una punta Pro Ultra nº 3 (Dentsply-Maillefer).

En los casos de retratamiento, además de lo anterior se empleó cloroformo como solvente y el Masserann kit (Micro Mega, Francia) para la extracción de algunos pernos.

Sólo se utilizó magnificación en los casos donde sin ella no se pudieron localizar los conductos principales, 2 mesiales y 2 distales, bien para detectar su presencia, o bien para descartar la posibilidad de su existencia. Se utilizaron Lupas Zeiss de 4,3x (Sistema Frontal de Aumento KS, Zeiss 4,3 x 400)

Una vez encontrado el orificio de cada conducto, se confirmó la permeabilidad de los primeros milímetros del conducto con una lima K-File Colorinox número 10, de 21 mm (Dentsply-Maillefer)

La instrumentación del sistema radicular de conductos siguió una progresión coronal apical: antes de introducir limas en el conducto se lavó la cámara pulpar; una vez limpia, se conformó el tercio medio de la raíz y, por último, se afrontó la parte más apical del conducto. La instrumentación se llevó a cabo mediante la técnica Step-down descrita por Goering y cols. (1982) modificada (**Figura 46**):

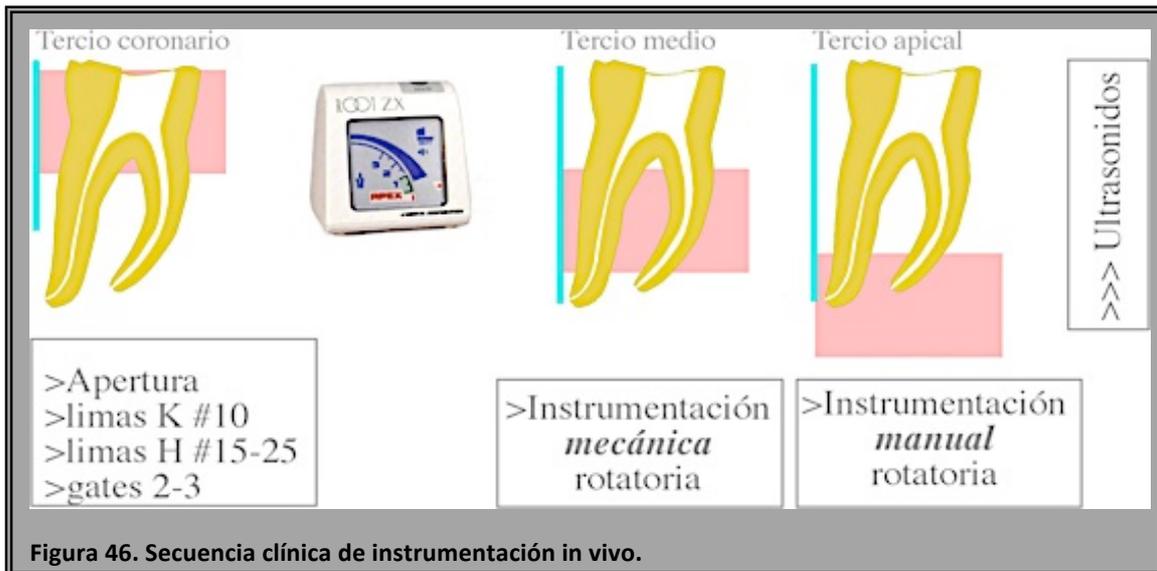


Figura 46. Secuencia clínica de instrumentación in vivo.

El tercio coronario se conformó con limas K-file del número 10, limas Hedstroem números 15, 20 y 25 (Dentsply-Maillefer) y por último fresas de Gates Glidden (Dentsply-Maillefer) de los números 2 y 3. Se irrigó entre cada instrumento con hipoclorito sódico.

La longitud de trabajo fue siempre establecida con el localizador electrónico de ápices Root ZX (J Morita, Tokio, Japón), una vez terminado el ensanchamiento del tercio coronal de los conductos, para tener una mayor precisión (Ibarrola y cols. 1999). Antes de introducir la lima para medir el conducto, se secó la cámara pulpar y el primer milímetro del conducto.

El tercio medio se conformó con instrumentación mecánica, utilizando limas Protaper S1 y S2 (Dentsply-Maillefer).

El tercio apical se preparó con limas K-Flexofile (Dentsply-Maillefer) mediante instrumentación manual, utilizando la técnica descrita por Roane y cols. (1985).

En todas las fases, entre cada instrumento se irrigó y con la lima K número 10 se verificó la permeabilidad del conducto hasta el foramen. Como irrigante se utilizó 1 ml de hipoclorito sódico cada vez, a una concentración de 5.25%.

Una vez instrumentado el conducto se realizó un lavaje final con EDTA al 17%, durante al menos un minuto, y posteriormente con hipoclorito al menos otro minuto. En esta última fase, tanto con el EDTA como con el hipoclorito, se activaron utilizando ultrasonidos y una punta Irrisafe 20-21 (Satelec Acteon group), para hacer más

efectiva la llegada de los irrigantes a todo el sistema radicular de conductos (Pacheco y cols. 1989, Jensen y cols. 1999).

En casos de retratamiento se trató de eliminar el contenido con limas K3 (SybronEndo, Glendora, USA), con micromotor a velocidad superior a 1000 rpm, en técnica coronoapical hasta llegar a las inmediaciones del ápice. Cuando fue necesario, se utilizó cloroformo como disolvente. Una vez alcanzado el tercio apical, se permeabilizó el foramen con una lima K del número 10 y desde ese momento se instrumentó e irrigó como se ha descrito anteriormente.

La obturación se realizó en todos los casos con gutapercha (Zipperer, Múnich, Alemania) y cemento AH Plus (Dentply-Maillefer). Se desarrolló una técnica mixta: condensación lateral en las dos primeras puntas y una técnica termoplástica a continuación utilizando el System B (SybronEndo).

Acto seguido se colocó una obturación coronaria temporal y el paciente fue remitido de nuevo al dentista referidor para proceder a realizar la restauración definitiva.

3.2.3. Protocolo radiográfico.

Se mantuvo, en todos los casos, el protocolo habitual de la consulta de endodoncia en la que se realizan los tratamientos: una radiografía preoperatoria ortorradial. En casos de retratamiento se hicieron dos radiografías en diferentes proyecciones, una desde mesial y otra desde distal con una diferencia de $\pm 30^\circ$.

Una vez que la gutapercha principal, con cemento, alcanzó y se trabó a la longitud establecida por el localizador, se colocó un cono secundario después de utilizar un espaciador digital. Se realizó entonces una radiografía desde distal para comprobar la longitud establecida previamente y la calidad de sellado en los últimos milímetros apicales.

Ya terminada la endodoncia, sin el dique de goma, se realizaron sistemáticamente dos radiografías postoperatorias para este estudio: una radiografía con proyección mesial y otra desde distal para valorar la imagen radiográfica del material de obturación rellenando el sistema radicular de conductos (este es el único

cambio introducido en el protocolo de la clínica, donde antes se realizaba una sola radiografía obtenida desde distal).

Además de las radiografías mencionadas que se realizaron en todos los casos, cuando fue necesario por la dificultad del caso, se tomaron otras proyecciones que también serán valoradas.

3.2.4. Observación y evaluación de las radiografías.

Las radiografías de cada molar, una vez procesadas, se colocaron en un porta radiografías (Henry Schein) de 6 ventanas con los datos del paciente.

En una habitación oscura se colocó el porta-radiografías en un negatoscopio (Medi-light Slim light panel, Hanil dental ind. Co. Ltd) y con una cámara fotográfica Nikon D60 con objetivo Nikon DX (AF-S Nikkor 18-55 mm 1:3,5-5,6) y un trípode se tomó una imagen de cada porta-radiografías anotando los datos del molar junto al número de fotografía (**Figura 47**).



La distancia del objetivo a las radiografías fue constante (21 cm). Por ello, se empleó el enfoque manual y se usó un disparador de control remoto (Nikon, ML-L3. Nikon corp, Japan). También se mantuvieron constantes la apertura (f 11) y la

velocidad de la fotografía (1/8) así como la sensibilidad ISO utilizada (100). El tamaño fue el máximo (Raw) para poder después ampliarlas todo lo necesario.

Se pasaron a un ordenador MacBook Pro (Apple, California, USA) guardando los originales. Para una visualización más rápida y homogénea se utilizó el programa Keynote (Apple).

Una vez colocada cada serie del mismo diente en una diapositiva se analizaron todas sus radiografías, adjudicándole tres parámetros similares al estudio in vitro. A cada una de sus raíces se le asignó una configuración de su sistema de conductos y finalmente se contabilizó el número de conductos total. Esto fue realizado por tres personas independientemente.

Una vez clasificadas se repasaron los datos adjudicados a cada diente para comprobar la homogeneidad de criterios. Solo en 3 casos hubo diferencias en la clasificación, se le adjudicó la morfología en la que dos de los observadores estaban de acuerdo.

3.2.5. Análisis estadístico.

En este apartado hemos realizado dos análisis estadísticos independientes.

En primer lugar, los resultados obtenidos tras el análisis radiográfico in vivo fueron comparados con los datos que nos ofrecen la diafanización y la CBCT, en cuanto al número de conductos localizados en cada molar. A continuación se realizó un análisis dos a dos para poder comparar los resultados in vivo con la CBCT, por un lado, y con la diafanización, por el otro. Posteriormente, se realizó un análisis estadístico similar al descrito en el párrafo anterior, pero en esta ocasión, en vez del número de conductos, se compararon las diferentes configuraciones de conductos obtenidas.

En segundo lugar, se elaboró un paralelismo entre la parte in vivo de nuestro trabajo y los estudios in vitro, donde se agruparon algunas de las configuraciones in vitro en base a cómo podrían visualizarse en proyecciones radiográficas realizadas clínicamente. Esta metodología la realizamos tanto para la CBCT como para la difanización, analizando estadísticamente los resultados.

Las variables cualitativas se presentan con su distribución de frecuencias.

Se evaluó la asociación entre variables cualitativas con el test de Ji-cuadrado o prueba exacta de Fisher, en el caso de que más de un 25% de los resultados esperados fueran menores de 5.

Para todas las pruebas se aceptó un valor de significación del 5%.

El procesamiento y análisis de los datos se realizó mediante el paquete estadístico STATA 11.0.

4. RESULTADOS

4.1. Obtenidos mediante CBCT.

En primer lugar se determinó el número de conductos total presente en cada uno de los M1 inferiores estudiados. Los resultados se exponen en la **tabla 17**. En la **figura 48** mostramos imágenes captadas del ordenador de los cortes axiales de ambas raíces de un molar. Se pueden apreciar todas las variaciones morfológicas respecto al número de conductos halladas: tres, cuatro, cinco, seis y siete.

Encontramos un 41.5% de las muestras con tres conductos, siempre presentando dos en la raíz mesial (MV y ML) y uno en la raíz distal. Como podemos observar, la morfología del conducto único de la raíz distal es muy variable y está relacionada con la forma externa de la raíz. En ocasiones, la raíz distal adopta una morfología similar a la mesial, ancha en sentido vestibulolingual, y el conducto entonces tiene forma acintada. En otras ocasiones, la morfología radicular es más redondeada y el conducto pasa a ser prácticamente circular.

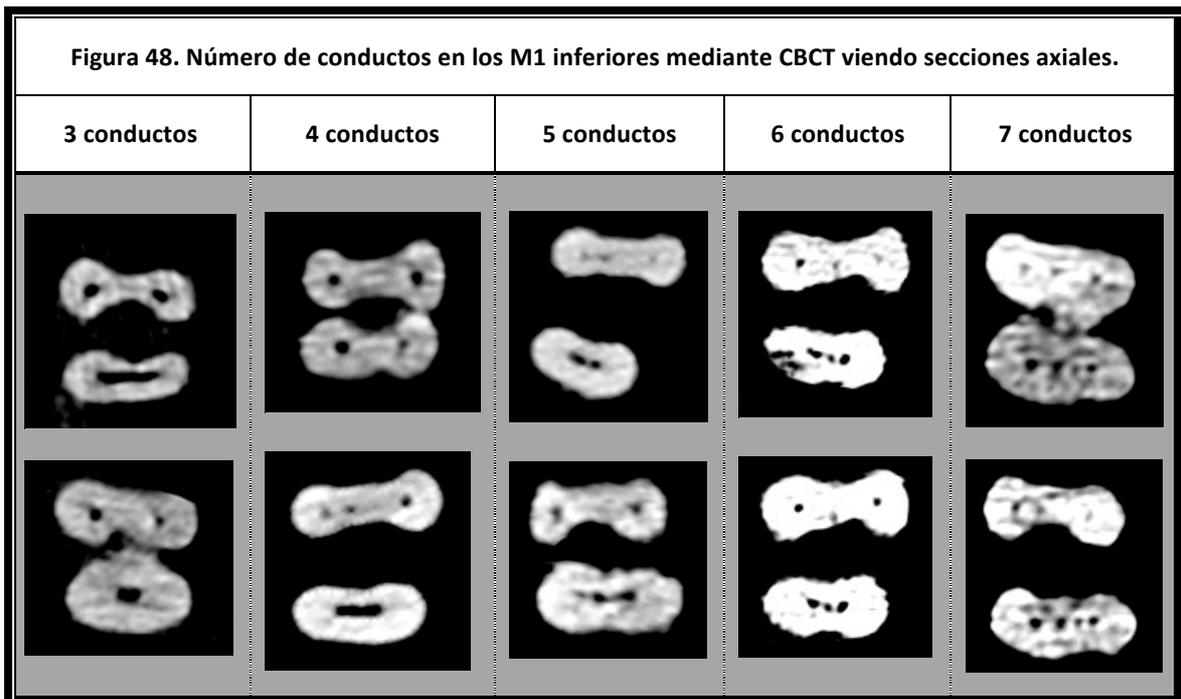
Los M1 inferiores con 4 conductos pueden presentar dos variaciones. En unas ocasiones se deben a la suma de dos conductos en la raíz mesial y dos en la raíz distal; pero en otras, a la suma de tres conductos mesiales y uno distal. Una situación similar ocurre en los molares de 5 conductos. Algunas veces encontramos tres conductos en la raíz mesial y dos en la distal, mientras que en otras la raíz distal muestra 3 conductos y la mesial 2. En las categoría de 6 y 7 conductos, sólo hemos encontrado un M1 inferior para cada una de ellas. En la primera, ambas raíces poseían 3 conductos en su interior. En la segunda, vemos 3 conductos en la raíz mesial y 4 en la distal.

Respecto a las diferentes configuraciones de conductos obtenidas tras analizar en los tres planos del espacio las raíces mesiales y distales, los resultados se exponen en las **tablas 18 y 19**. Las **figuras 49 y 50** muestran cortes coronales de ambas raíces donde podemos apreciar dichas configuraciones. En la raíz mesial, las más frecuentes son la 2-1 (39.6%) y la 2-2 (39.6%). En la raíz distal, predomina la 1-1 (47.2%), seguida de la 1-2-1 (18.9%). En ambas raíces, podemos destacar la aparición de diversas configuraciones con 3 conductos en su interior.

En el **gráfico 3** se exponen de forma visual los datos relativos al número de conductos localizado en la muestra mediante CBCT.

4.1.1. Número de conductos.

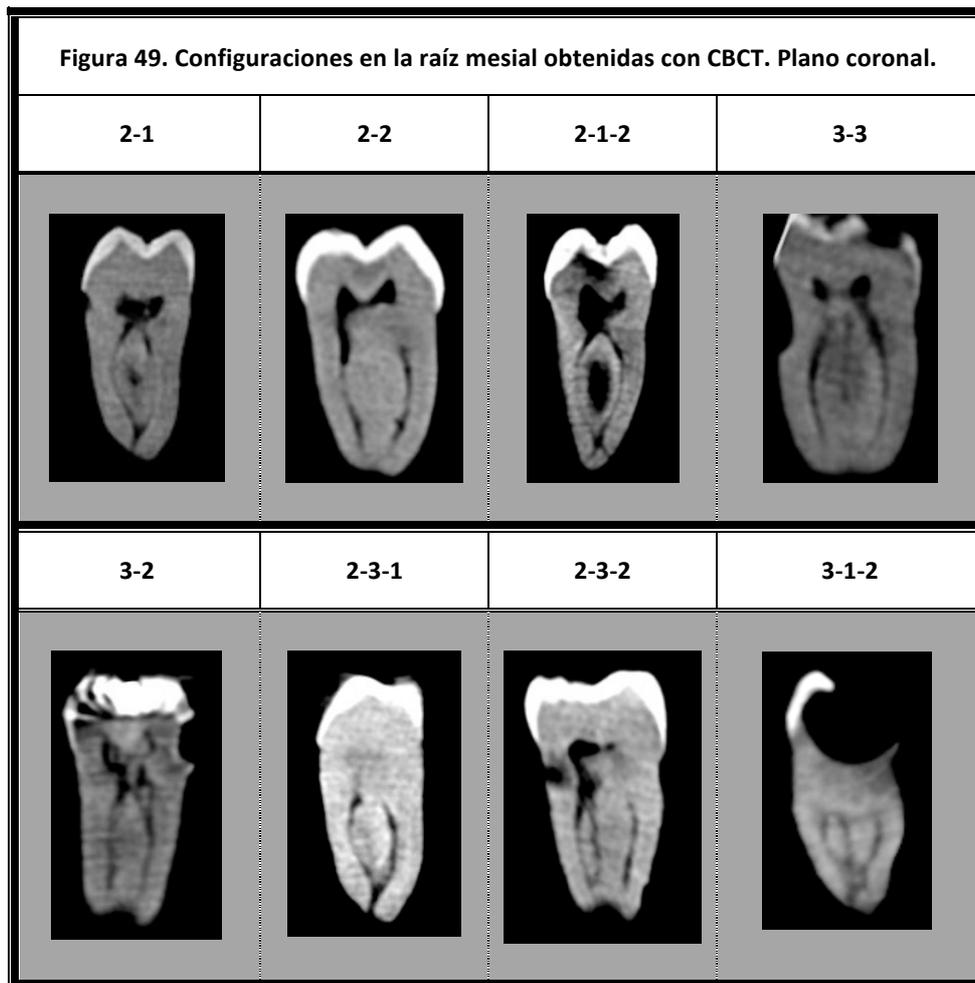
Tabla 17. Número de conductos de los M1 inferiores estudiados mediante CBCT.					
Número de conductos	3 conductos	4 conductos	5 conductos	6 conductos	7 conductos
Número de M1 inferiores	22	14	15	1	1
Frecuencia en % del total	41.5%	26.4%	28.3%	1.9%	1.9%



4.1.2. Configuración de conductos en la raíz mesial.

Tabla 18. Configuraciones de conductos observadas en la raíz mesial mediante CBCT. Plano coronal.

	2-1	2-2	2-1-2	3-3	3-2	2-3-1	2-3-2	3-1-2
								
Raíz M	21	21	2	1	3	3	1	1
Frecuencia en %	39.6	39.6	3.8	1.9	5.7	5.7	1.9	1.9

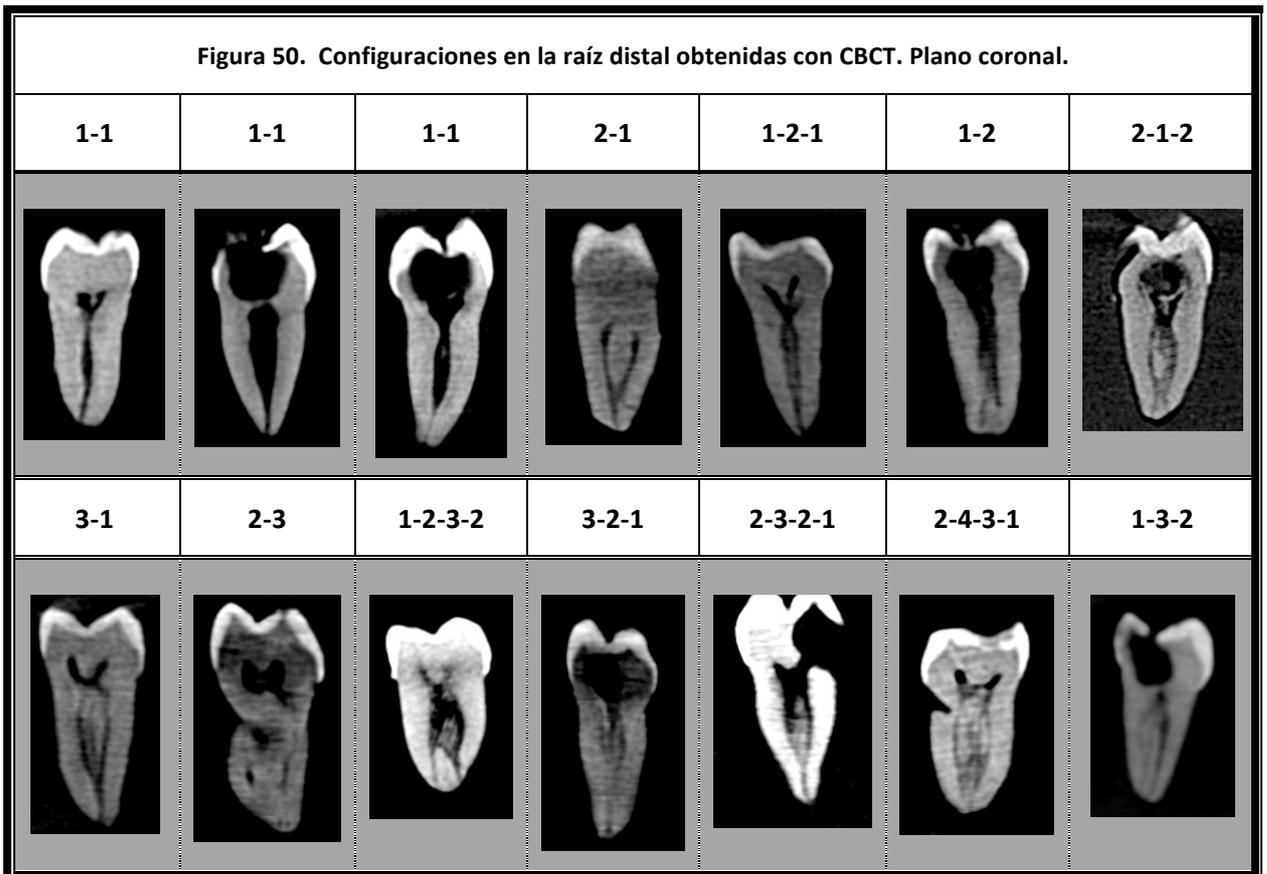


4.1.3. Configuración de conductos en la raíz distal.

Tabla 19. Configuraciones de conductos observadas en la raíz distal mediante CBCT. Plano coronal.

	1-1	2-1	1-2-1	1-2	2-1-2	3-1	2-3	1-2-3-2	3-2-1	2-3-2-1	1-3-2	2-4-3-1
												
Raíz D	25	3	10	2	1	4	1	1	2	2	1	1
Frecuencia en %	47.2	5.7	18.9	3.8	1.9	7.5	1.9	1.9	3.8	3.8	1.9	1.9

Figura 50. Configuraciones en la raíz distal obtenidas con CBCT. Plano coronal.



4.2. Obtenidos mediante radiología digital.

Tras analizar cada una de las tres proyecciones realizadas a todos los M1 inferiores (mesiorradial, ortorradial y distorradial), se determinó el número de conductos presentes en la raíz mesial y en la distal. La suma de todos ellos, para cada muestra, supone el número de conductos total reflejado en la **tabla 20**.

En la **figura 51** se muestran radiografías representativas de los molares según el de número de conductos encontrados. Del mismo modo que en los resultados vistos para la CBCT, los molares de tres conductos siempre constan de dos en la raíz mesial y uno en la distal. Los M1 inferiores de cuatro conductos pueden deberse a tres mesiales y uno distal, o bien a dos conductos en cada raíz. En los molares con 5 conductos, también hallamos variación, pues en algunos casos hay dos conductos en la raíz mesial y tres en la distal, y en otros al revés. Con respecto a los molares de 6 y 7 conductos, sólo hemos localizado un caso de cada tipo. En el primero, vemos tres conductos en ambas raíces, y en el segundo tres en la raíz mesial y cuatro en la distal.

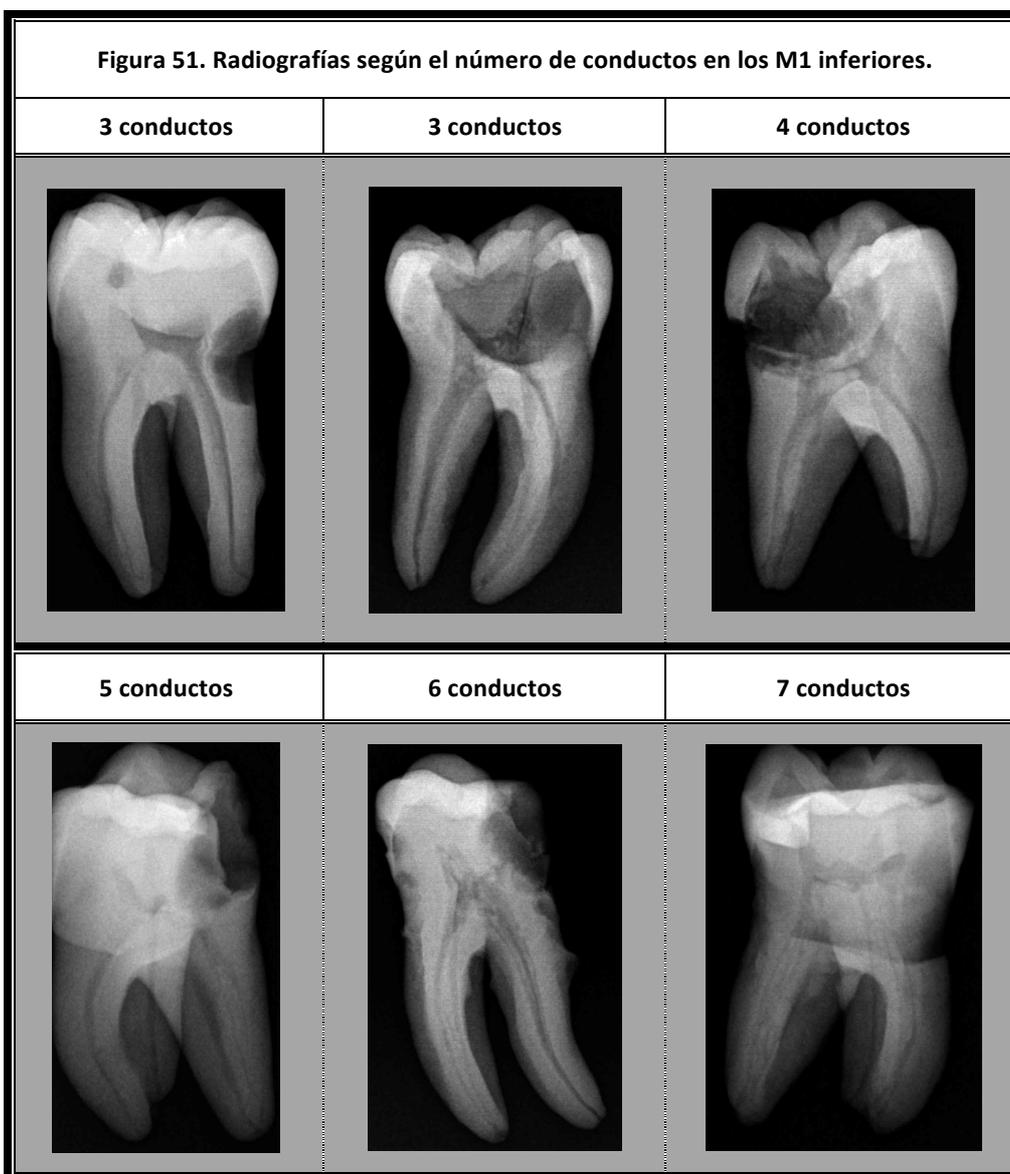
En las **tablas 21 y 22** vemos reflejada la incidencia de cada una de las configuraciones de conductos determinadas en las raíces mesiales y distales, respectivamente.

A continuación, en las **figuras 52 y 54** mostramos ejemplos de todas ellas. A pesar de ver una única imagen bajo cada configuración, hemos de recalcar que se han analizado las tres proyecciones radiográficas simultáneamente antes de clasificar cada raíz mesial o distal en una u otra categoría. Las imágenes elegidas para estas figuras son las más representativas o en las que mejor se puede apreciar la configuración a la que representan.

En la **figura 53** podemos observar, a mayor aumento, dos tipos de configuraciones observadas en raíz M difíciles de manejar clínicamente. En la **figura 55**, otros dos tipos, esta vez pertenecientes a la raíz D.

4.2.1. Número de conductos.

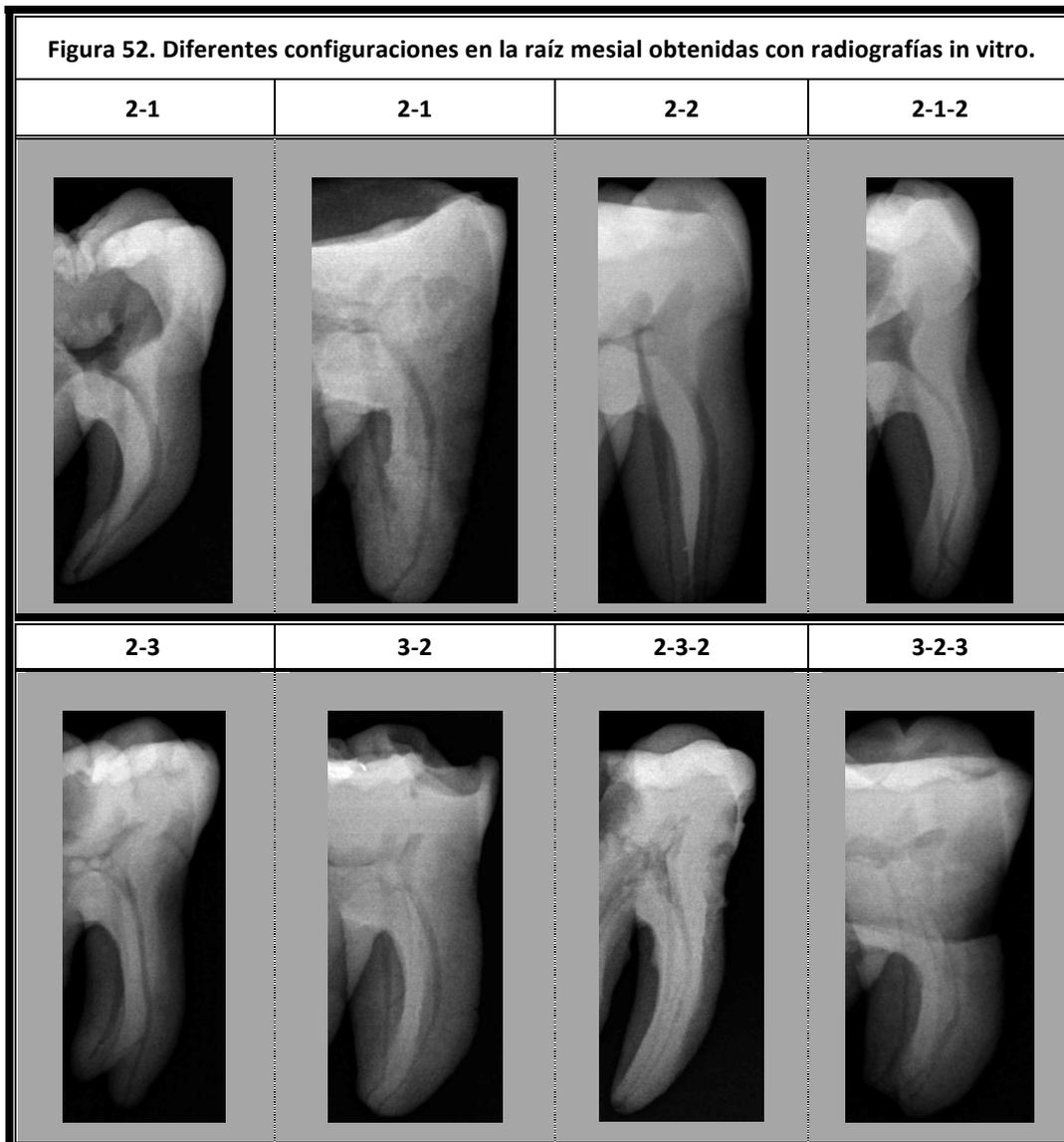
Tabla 20. Número de conductos de los M1 inferiores obtenidos mediante radiografías in vitro.					
Número de conductos	3 conductos	4 conductos	5 conductos	6 conductos	7 conductos
Número de M1 inferiores	16	24	11	1	1
Frecuencia en % del total	30.2%	45.3%	20.7%	1.9%	1.9%



4.2.2. Configuración de conductos en la raíz mesial.

Tabla 21. Configuraciones de conductos en la raíz mesial observadas en las radiografías in vitro.

	2-1	2-2	2-1-2	2-3	3-2	2-3-2	3-2-3
							
Raíz M	24	22	1	2	2	1	1
%	45.3	41.5	1.9	3.8	3.8	1.9	1.9



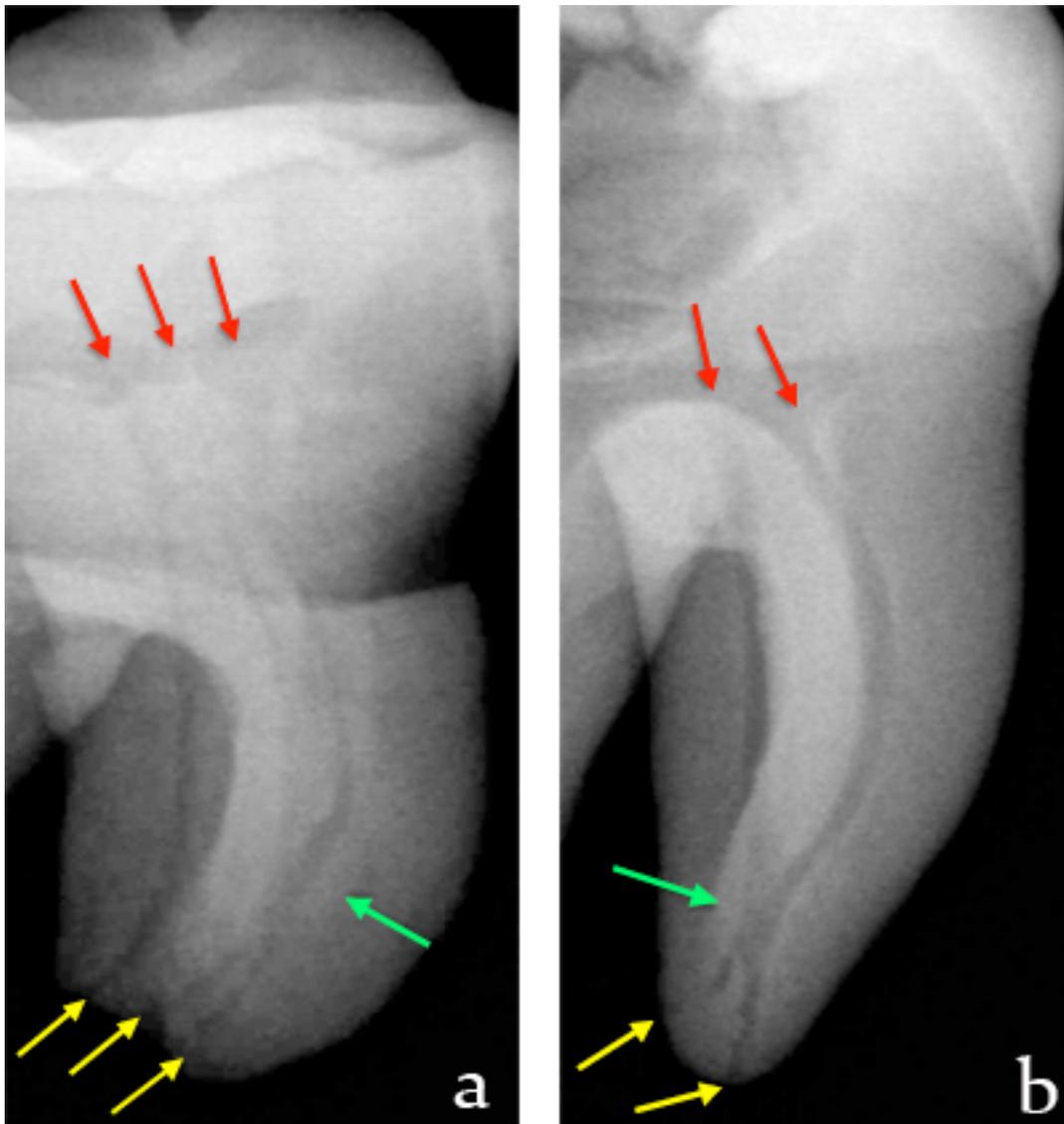
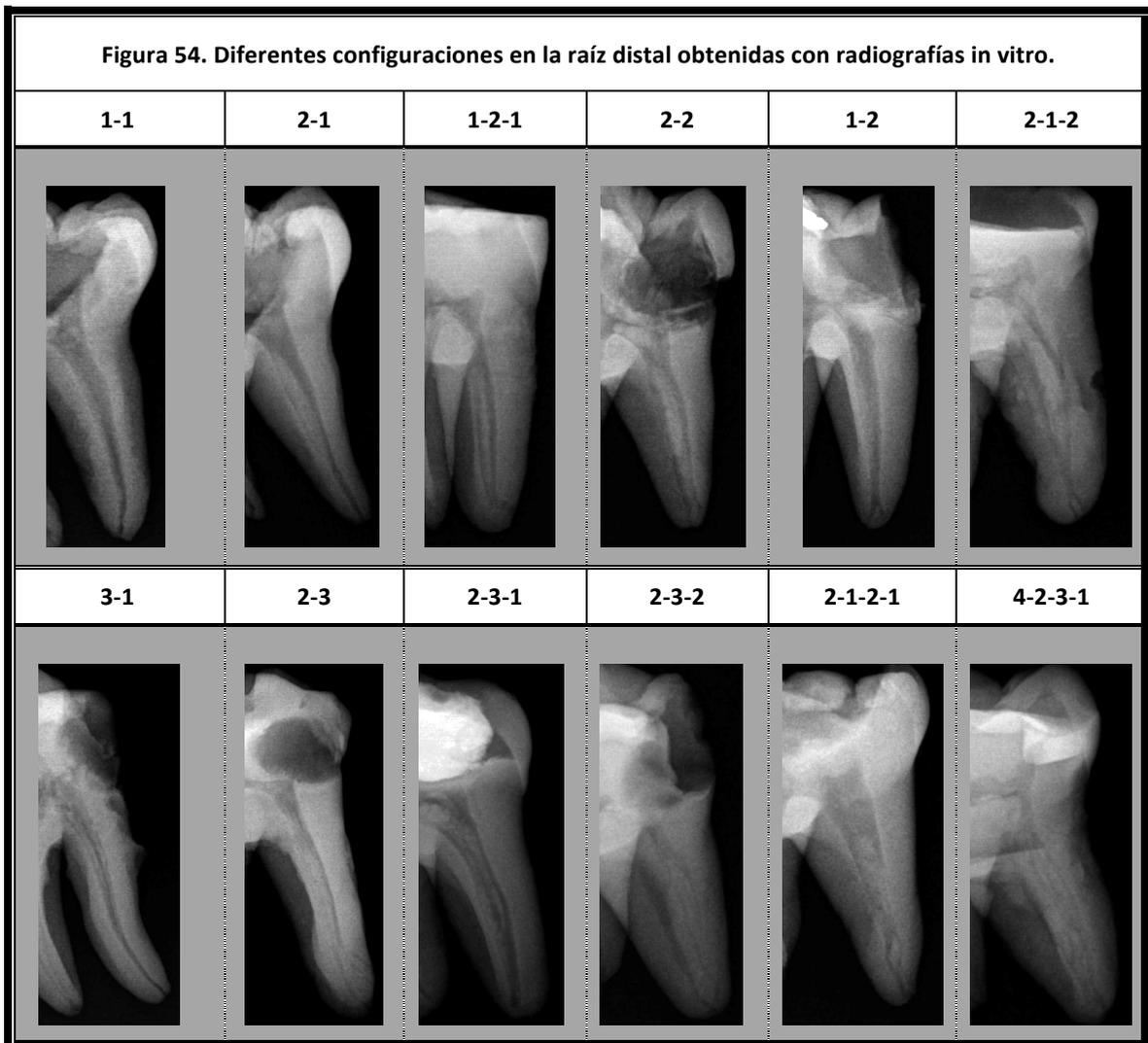


Figura 53. Imágenes obtenidas mediante **radiología digital**, de dos posibles configuraciones en la **raíz mesial**, complejas de tratar clínicamente. **a) Configuración 3-2-3.** Tres conductos parten de la cámara pulpar (flechas rojas). Uno es independiente en todo su recorrido, los otros dos se fusionan al final del tercio medio (flecha verde). En el tercio apical se vuelven a dividir, terminando cada uno en su propio foramen apical (flechas amarillas). **b) Configuración 2-1-2.** Dos conductos nacen de la cámara pulpar (flechas rojas), al comienzo del tercio apical se unen (flecha verde) y, acto seguido, se vuelven a separar terminando como dos conductos independientes (flechas amarillas).

4.2.3. Configuración de conductos en la raíz distal.

Tabla 22. Configuraciones de conductos en la raíz distal observadas en las radiografías in vitro.

	1-1	2-1	1-2-1	2-2	1-2	2-1-2	3-1	2-3	2-3-1	2-3-2	2-1-2-1	4-2-3-1
												
Raíz D	17	11	5	3	5	2	4	2	1	1	1	1
%	32.1	20.7	9.4	5.7	9.4	3.8	7.5	3.8	1.9	1.9	1.9	1.9



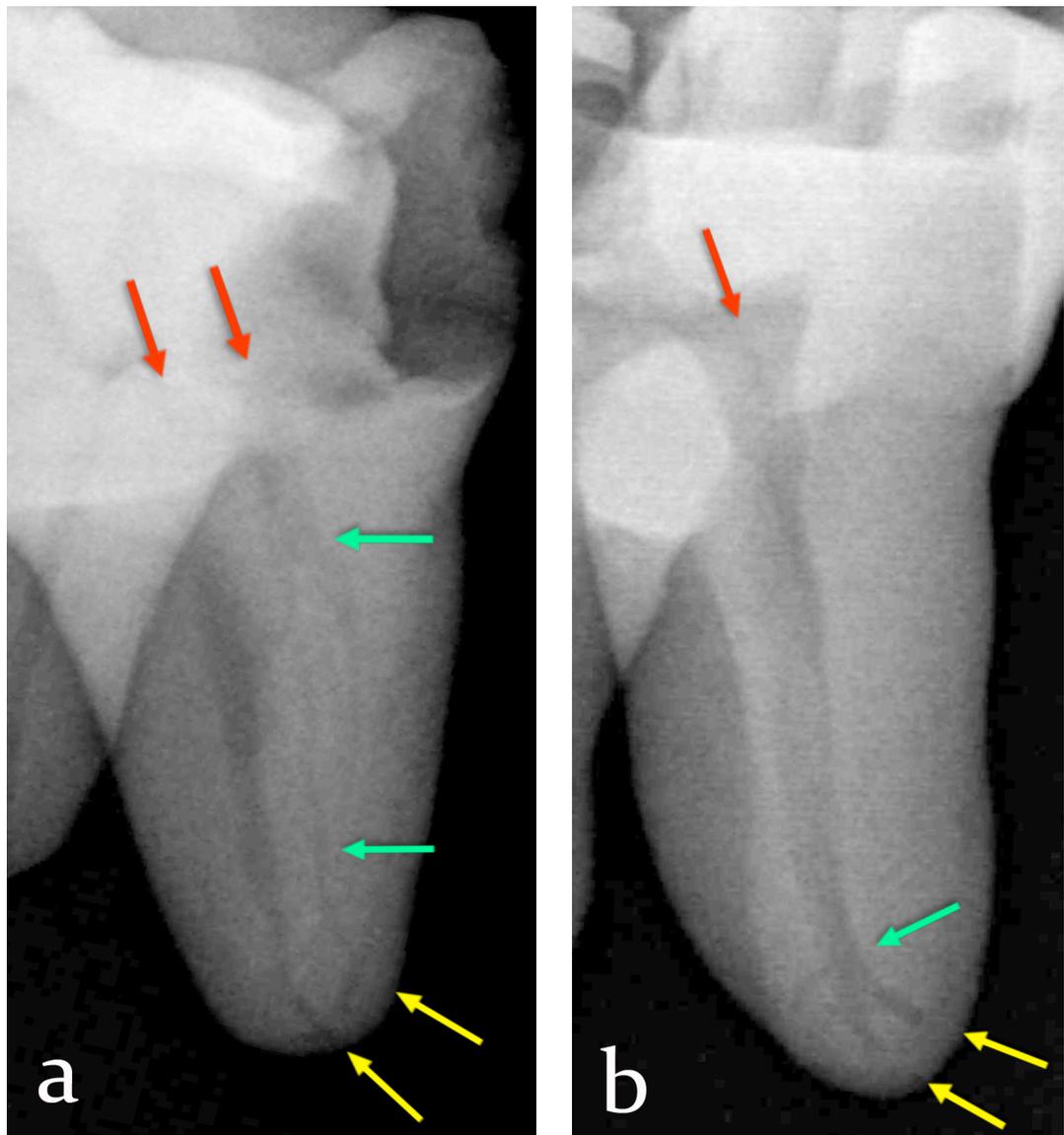


Figura 55. Imágenes obtenidas mediante **radiología digital**, de configuraciones en la **raíz distal**, complejas de tratar clínicamente. **a) Configuración 2-3-2.** Dos conductos parten de la cámara pulpar (flechas rojas). Uno de ellos es totalmente independiente, pero el otro se bifurca en dos en el tercio coronal (flecha verde superior). En todo el tercio medio observamos tres conductos individualizados. Al comienzo del tercio apical, los conductos que se habían dividido se vuelven a fusionar (flecha verde inferior), dando como resultado final dos conductos con sus propios forámenes apicales (flechas amarillas). **b) Configuración 1-2.** Desde la cámara pulpar sólo nace un conducto distal (flecha roja) y, ya en el tercio apical, éste se divide en dos conductos (flecha verde) y termina en dos forámenes independientes (flechas amarillas). Además, en el punto de la bifurcación, podemos apreciar la existencia de un conducto lateral.

4.3. Conductos localizados “in vitro” durante las aperturas camerales.

Tras realizar la apertura cameral de las muestras en varias fases, en la **tabla 23** se puede apreciar cómo influyen las diversas metodologías aplicadas en el número de conductos localizados en la cámara pulpar. En la raíz mesial, vemos que en cada una de las fases sucesivas se localizan conductos no detectados previamente. De los 105 conductos iniciales encontrados sin el uso de magnificación, pasamos finalmente a 119, tras añadir las puntas ultrasónicas y el microscopio operatorio. Esto supone un incremento del 13% en la capacidad de ubicar todas las entradas al sistema de conductos en la raíz mesial. En cuanto a la raíz distal, sucede lo contrario; apreciamos una disminución del número de conductos localizados al incorporar el uso de los ultrasonidos. Al añadir el uso del microscopio, la diferencia es mínima. El **gráfico 1** ilustra estas diferencias.

En la **tabla 24**, tras finalizar la tercera fase de las aperturas, se pueden observar los resultados según el número de conductos localizados en cada raíz. Sólo obtuvimos una raíz mesial con 1 conducto. El resto presentaba dos conductos en un 71.7% y 3 conductos en un 26.4%. En la raíz distal, algo más de 2/3 presentaba un conducto único, pero también hemos encontrado un 18.9% y un 9.4% de 2 y 3 conductos respectivamente. En el **gráfico 2** podemos ver reflejados de estos datos.

En la **tabla 25**, se muestran los resultados de las aperturas de los M1 inferiores agrupados, en vez de separados por raíces. Al igual que en la CBCT o la radiología digital, vemos grupos con distinto número de conductos localizados en la cámara pulpar y el porcentaje de molares incluido en cada uno de ellos. Sólo un M1 inferior mostraba 2 conductos (uno en la raíz mesial y uno en la distal). Prácticamente la mitad de los molares está dentro del grupo de 3 conductos, siempre constituidos por dos conductos mesiales y uno distal. El porcentaje de 4 conductos asciende al 37.7%. Dentro de este grupo, encontramos molares con tres conductos en mesial y uno en distal, o bien dos conductos a la entrada de cada raíz. La incidencia de 5 conductos localizados en la cámara pulpar fue del 13.2%. Generalmente estaban constituidos por tres orificios en la raíz mesial y dos en la distal, pero también pueden deberse a tres en la distal y dos en mesial.

4.3.1. Número de conductos localizados en las diferentes fases de la apertura.

Tabla 23. Número de conductos localizados mediante diversas metodologías					
Ojo desnudo		+ ultrasonido		+ microscopio	
Raíz M	Raíz D	Raíz M	Raíz D	Raíz M	Raíz D
105	72	110	71	119	73

4.3.2. Número total de conductos localizados en cada raíz.

Tabla 24. Número de conductos localizados en cada raíz con ultrasonidos y microscopio.					
Raíz Mesial			Raíz Distal		
1 conducto	2 conductos	3 conductos	1 conducto	2 conductos	3 conductos
1	38	14	38	10	5
1.9%	71.7%	26.4%	71.7%	18.9%	9.4%

4.3.3. Número total de conductos localizados en cada molar.

Tabla 25. Número de conductos total localizado en los M1 inferiores con ultrasonidos y microscopio.			
2 conductos	3 conductos	4 conductos	5 conductos
1	25	20	7
1.9%	47.2%	37.7%	13.2%

Gráfico 1. Número de conductos localizados durante las aperturas in vitro con diversas metodologías.

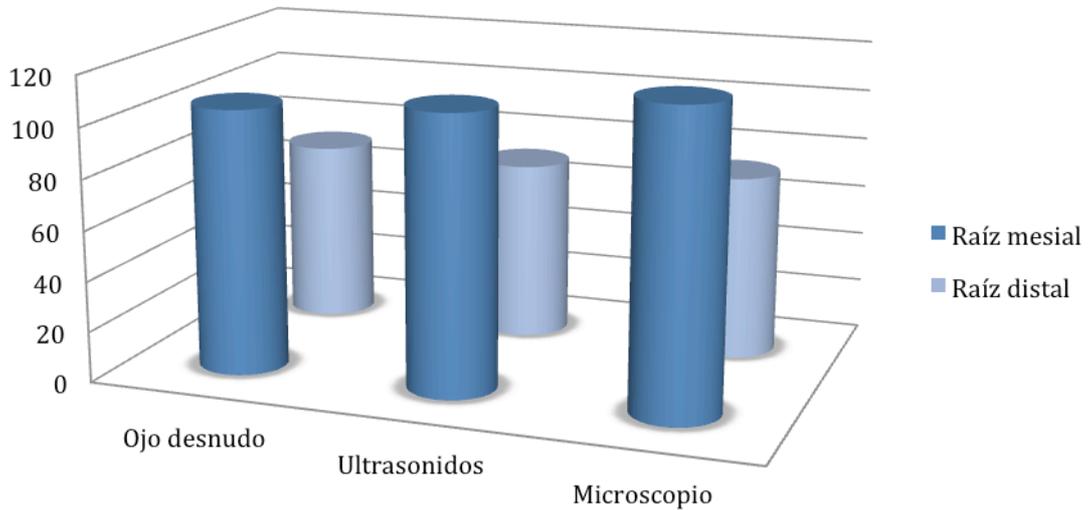
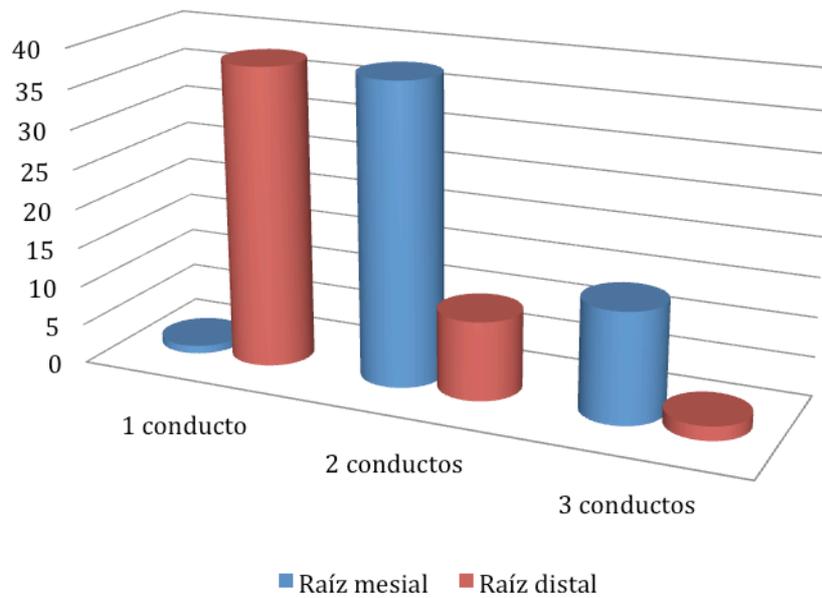


Gráfico 2. Raíces mesiales y distales agrupadas según el número de conductos localizados en ellas.



4.4. Obtenidos mediante diafanización.

En la **tabla 26** están agrupados los M1 inferiores estudiados mediante la técnica de diafanización según el número de conductos encontrados. A pesar de que las raíces de los molares fueron separadas para fotografiarlas y facilitar la visión de su interior, ambas raíces se analizaron de forma conjunta para determinar el número de conductos total de cada M1 inferior. En la **figura 56** se pueden observar imágenes representativas de todos de los grupos. Para su mejor comprensión, en la fila superior se han situado las raíces mesiales y en la inferior, las distales. En sentido vertical, la dos raíces de cada columna pertenecen al mismo molar, siendo la suma de los conductos visibles en ambas el número total de conductos.

La **tabla 27** muestra las configuraciones de conductos halladas en las raíces mesiales. Las morfologías más frecuentes son la 2-1 y la 2-2, ambas con una incidencia cercana al 30%. En esta tabla se puede observar la amplia gama de configuraciones encontradas, ocho de las cuales albergan 3 conductos en su interior y una presenta 4 conductos. La **figura 57**, en la que se pueden observar una representación de las fotografías obtenidas de los molares transparentes, nos da la posibilidad de visualizar de forma más clara la complejidad de la raíz mesial de los M1 inferiores. En la **figura 58** se pueden observar dos de ellas a mayor aumento.

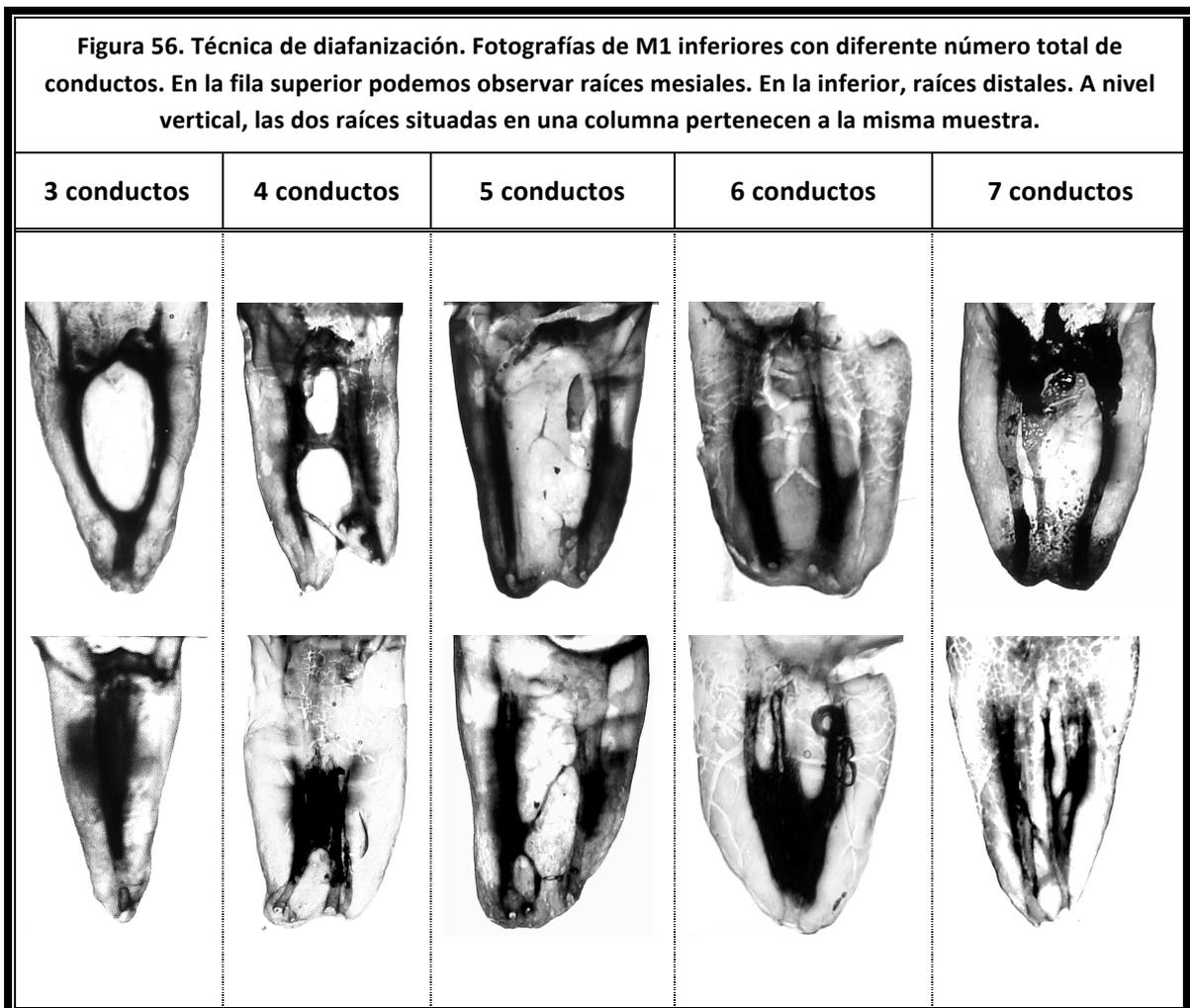
La **tabla 28** muestra las configuraciones de conductos localizadas en las raíces distales. La más frecuente es un conducto único, con un 40.4% de incidencia, seguida de la 2-1, con un 19.2%. Incluyendo estas dos, hemos encontrado hasta 11 variaciones diferentes, dentro de las cuales hay cinco tipos con 3 o más conductos en su interior. En la **figura 59** podemos visualizar fotografías de cada una de ellas. Al igual que en las imágenes de la CBCT, dentro de la configuración 1-1 existe la posibilidad de encontrar un conducto circular, o bien de uno acintado, muy ancho en sentido vestíbulo-lingual. Entre ambos extremos, hemos podido observar todo tipo de formas intermedias; es decir, que gran parte de esos conductos únicos no son totalmente circulares ni tampoco tan acintados como apreciamos en la segunda imagen superior por la izquierda de la **figura 59**. La **figura 60** contiene, a mayor aumento, dos de las configuraciones más complejas halladas en la raíz D.

En el **gráfico 4** se exponen de forma visual los datos relativos al número de conductos localizado en la muestra mediante diafanización.

4.4.1. Número de conductos.

Tabla 26. Número de conductos de los M1 inferiores estudiados mediante diafanización.

Número de conductos	3 conductos	4 conductos	5 conductos	6 conductos	7 conductos
Número de M1 inferiores	13	23	12	3	1
Porcentaje del total	25%	44.2%	23.1%	5.8%	1.9%

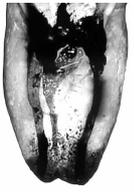
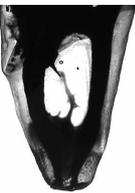


4.4.2. Configuración de conductos en la raíz mesial.

Tabla 27. Configuración de conductos en la raíz mesial mediante diafanización.

2-1	1-2-1	2-2	2-1-2	3-3	3-2	3-1	3-1-2	3-2-1	2-3-1	2-3-2	2-1-4	3-1-3
												
16	1	15	2	3	6	1	1	1	2	2	1	1
30.8%	1.9%	28.8%	3.8%	5.8%	11.5%	1.9%	1.9%	1.9%	3.8%	3.8%	1.9%	1.9%

Figura 57. Fotografías de las diferentes configuraciones en la raíz mesial mediante diafanización.

2-1	2-1	1-2-1	2-2	2-1-2	3-3	3-2
						
3-1	3-1-2	3-2-1	2-3-1	2-3-2	2-1-4	3-1-3
						

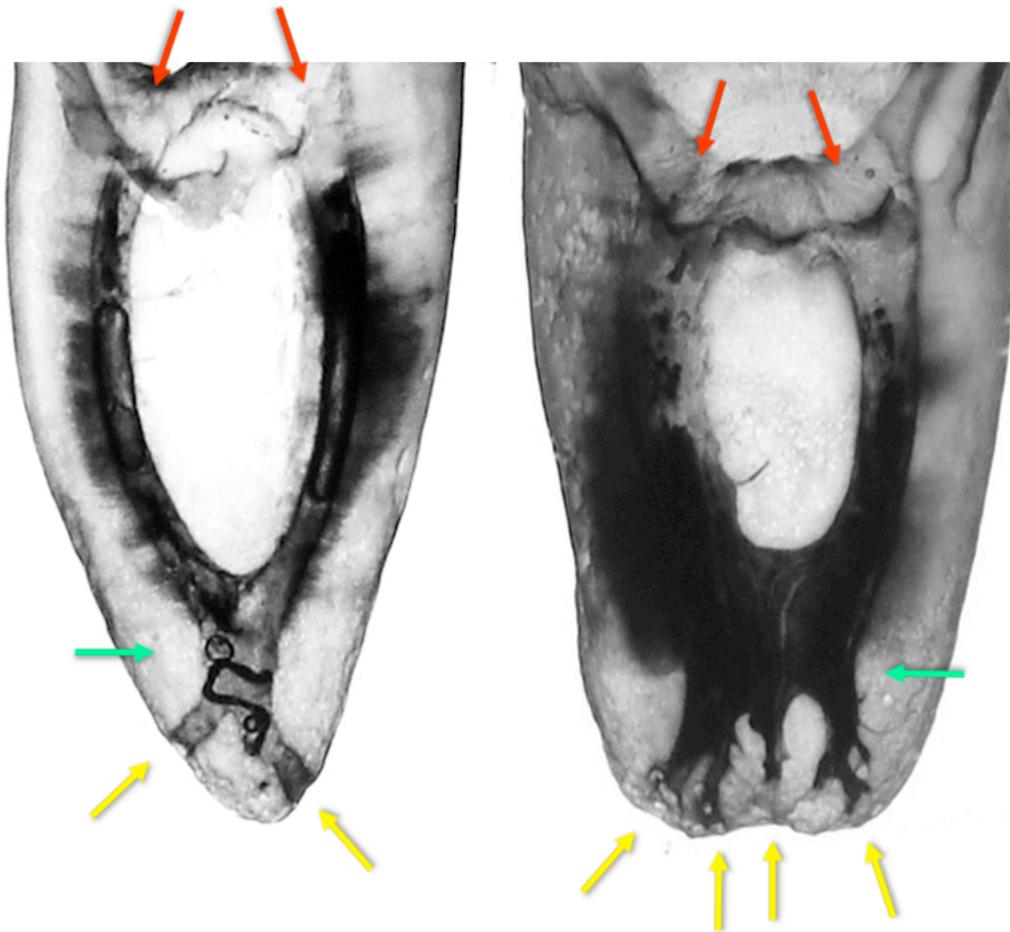


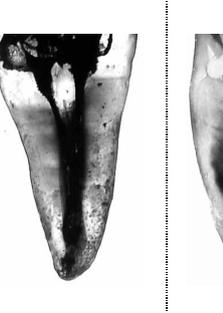
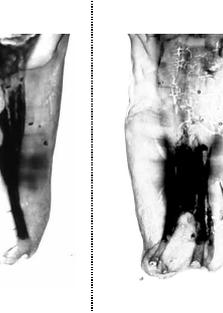
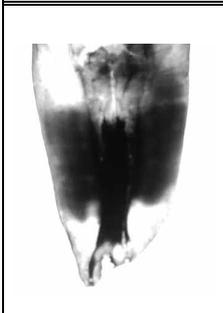
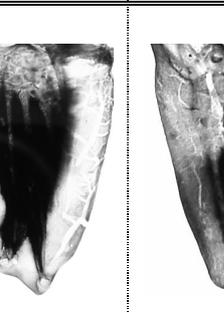
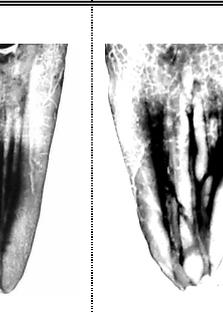
Figura 58. Fotografías de dos **raíces mesiales diafanizadas**. La dentina se vuelve transparente y, tras la inyección de tinta en el sistema de conductos, podemos visualizarlo. A la izquierda, una **configuración 2-1-2**. Las flechas rojas marcan la entrada a los conductos en la cámara pulpar, en el tercio apical se fusionan (flecha verde) y se vuelven a dividir, llegando al exterior por dos forámenes independientes (flechas amarillas). A la derecha, una **configuración 2-1-4**. De la cámara pulpar parten dos conductos (flechas rojas) que se unen al final del tercio medio (flecha verde). Durante unos dos milímetros podemos apreciar un conducto único, pero en el tercio apical, se divide dando como resultado 4 conductos que desembocan en 4 forámenes apicales (flechas amarillas).

4.4.3. Configuración de conductos en la raíz distal.

Tabla 28. Configuraciones de conductos en la raíz distal observadas mediante diafanización.

1-1	2-1	1-2-1	2-2	1-2	2-1-2	2-3	3-1	3-2	3-2-1	4-3-2
										
21	10	5	2	3	1	1	4	1	3	1
40.4%	19.2%	9.6%	3.8%	5.8%	1.9%	1.9%	7.7%	1.9%	5.8%	1.9%

Figura 59. Fotografías de las diferentes configuraciones en la raíz distal obtenidas mediante diafanización.

1-1	1-1	2-1	1-2-1	2-2	1-2
					
2-1-2	2-3	3-1	3-2	3-2-1	4-3-2
					

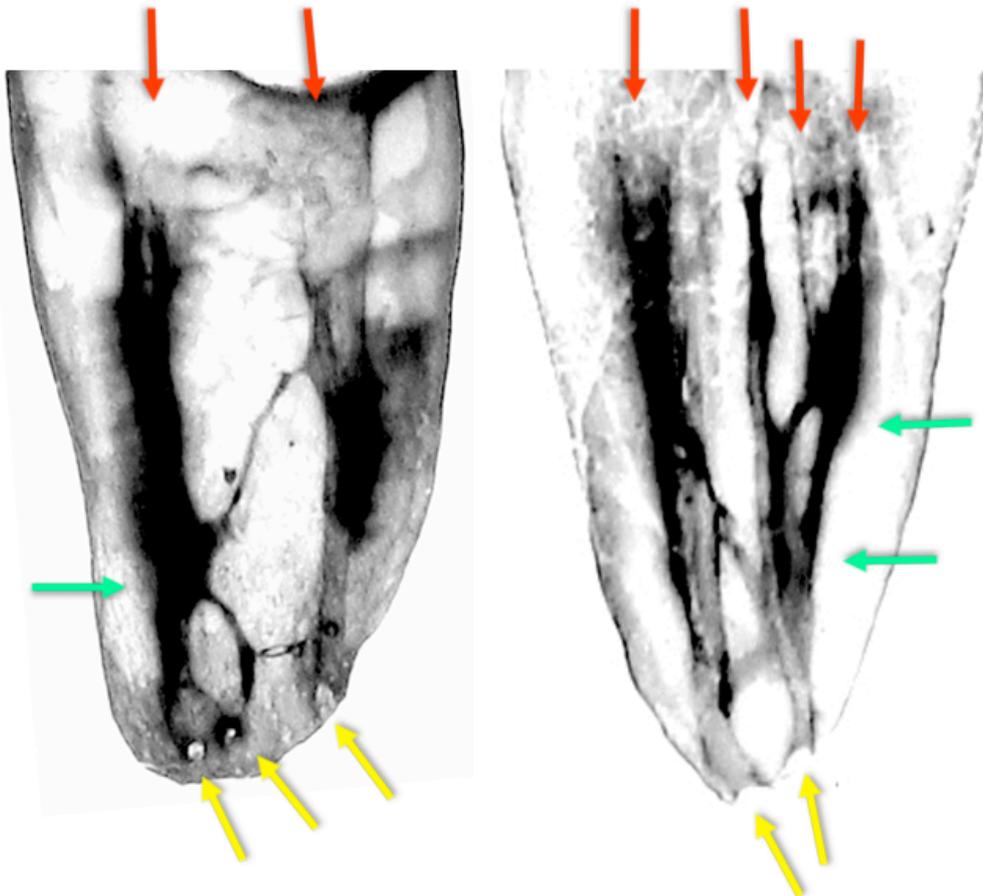


Figura 60. Fotografías de dos **raíces distales diafanizadas**. A la izquierda, una **configuración 2-3**. Las flechas rojas marcan la entrada a dos conductos en la cámara pulpar, en el tercio apical uno de ellos se bifurca (flecha verde), llegando al ápice radicular tres conductos independientes (flechas amarillas). A la derecha, una **configuración 4-3-2**. De la cámara pulpar parten cuatro conductos (flechas rojas). En el tercio medio, dos de ellos se unen (flecha verde superior) y forma un conducto que, un poco más abajo, se fusiona con otro de los principales (flecha verde inferior). El resultado son dos conductos independientes en el tercio apical que desembocan en dos forámenes apicales (flechas amarillas).

Gráfico 3. Número de conductos obtenidos mediante CBCT.

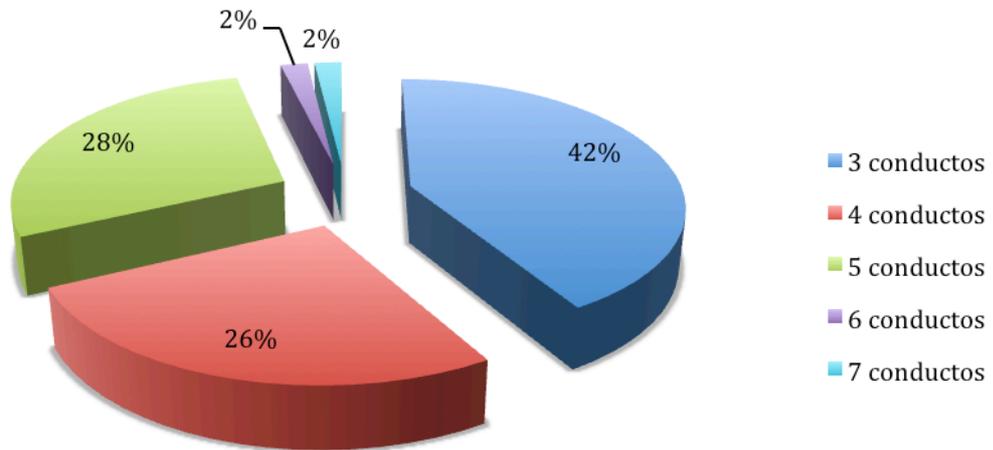
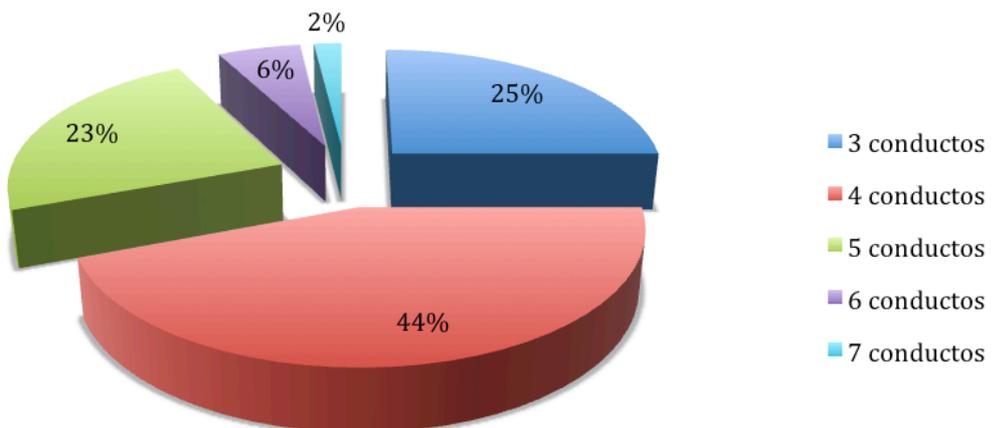


Gráfico 4. Número de conductos obtenidos mediante diafanización.



4.5. Configuración de conductos “in vivo”.

Los primeros molares inferiores de este estudio in vivo fueron tratados por un endodoncista exclusivo. En la **tabla 29** se muestran los resultados obtenidos del estudio de las radiografías realizadas durante las endodoncias según de número de conductos hallados. Los que observamos dentro del grupo de 3 conductos, siempre se deben a dos conductos en la raíz mesial y uno en la distal. Es decir, que en el 100% de los casos la raíz mesial tenía al menos dos conductos en su interior.

En los molares de 4 conductos hemos observado diversas variaciones morfológicas en su disposición. La situación más frecuente es que encontremos dos conductos tanto en la raíz mesial como en la distal. La segunda opción es la presencia de tres conductos en la raíz mesial y uno en la distal. La tercera, es que existan dos raíces distales independientes, con un conducto en su interior.

Cuando los molares presentan 5 conductos se debe a la suma de tres en la raíz mesial y dos en la distal.

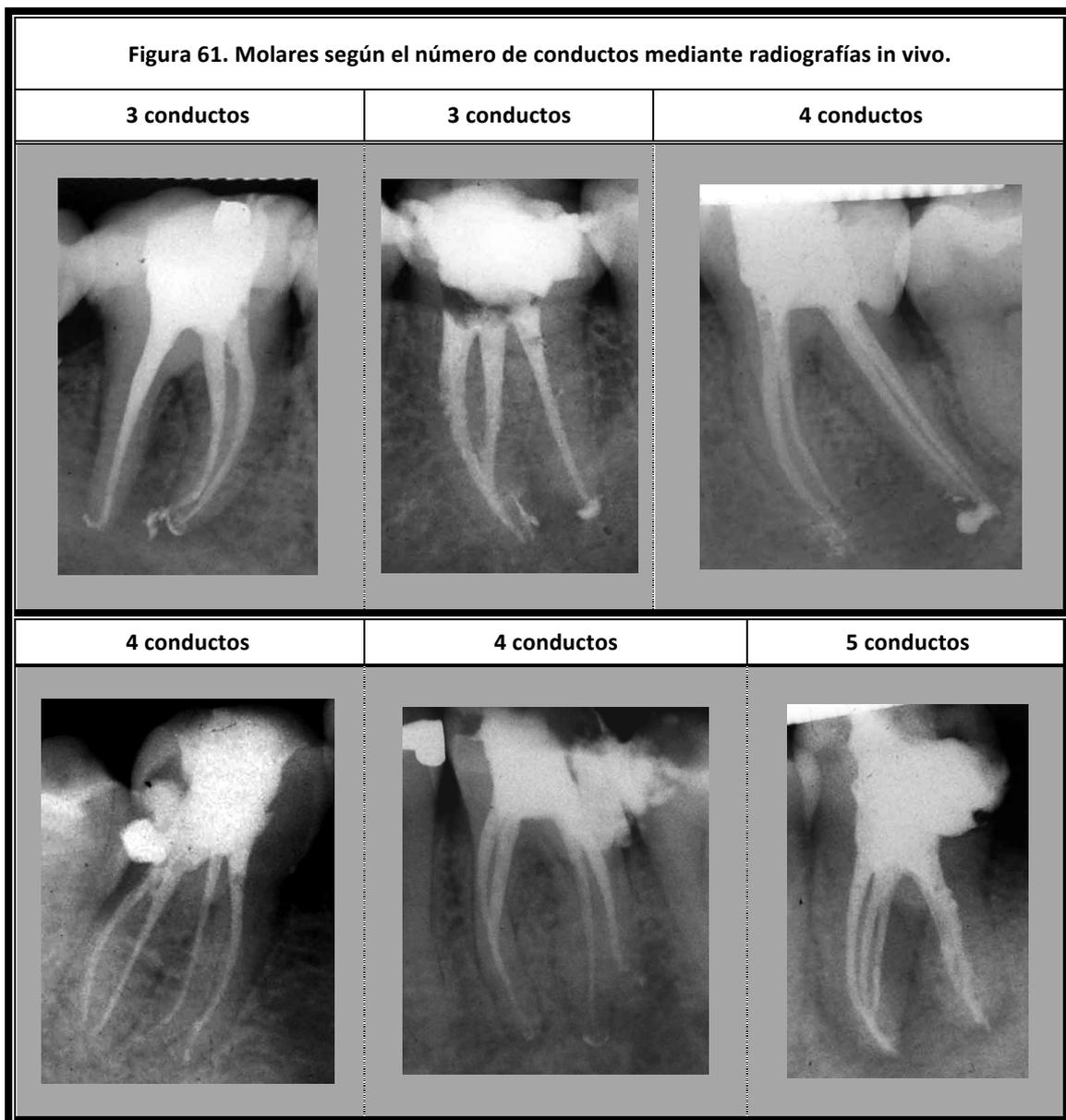
En la **figura 61** podemos ver imágenes radiográficas de cada categoría. Apreciamos con claridad cómo dentro del sistema radicular distal, es posible encontrar dos conductos independientes dentro de la misma raíz; o bien, en dos raíces separadas.

La **tabla 30** ilustra las diferentes configuraciones de conductos halladas en la raíz mesial. La más frecuente, con un 58.1% de incidencia, es la 2-2, seguida de la 2-1, con un 40.3%. Además, hemos reflejado dos configuraciones que albergan tres conductos en su interior, como son la 3-1 y la 2-3-2. La **figura 62** contiene imágenes radiográficas de todas las variaciones encontradas.

La **tabla 31** expone las diversas configuraciones de conductos halladas en la raíz distal. Destaca la configuración 1-1, con un 71% de incidencia. Además de ella, se han representado otras 6 morfologías, todas con 2 conductos en su interior, que varían en cuanto a si son independientes o se unen, en uno o varios puntos, a lo largo del conducto. La **figura 63** muestra imágenes radiográficas de todas ellas.

4.5.1. Número de conductos localizados.

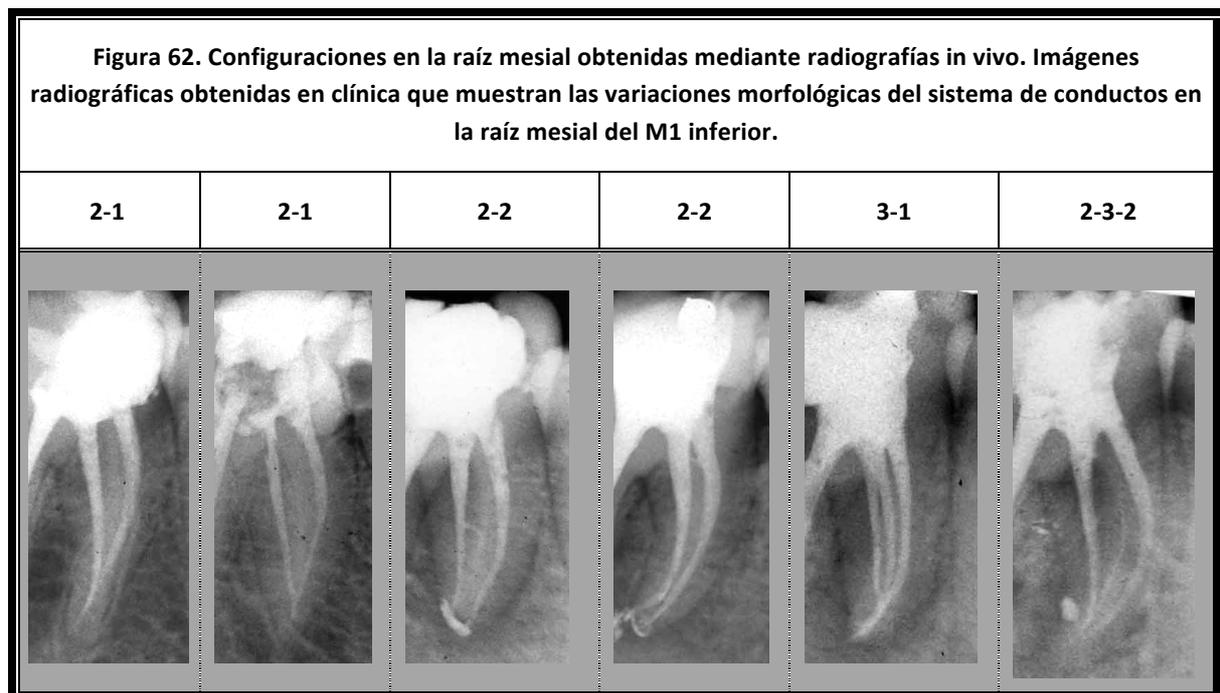
Tabla 29. Número de conductos de los M1 inferiores mediante radiografías in vivo.			
Número de conductos	3 conductos	4 conductos	5 conductos
Número de M1 inferiores	84	38	2
Porcentaje del total	67.7%	30.6%	1.6%



4.5.2. Configuración de conductos en la raíz mesial.

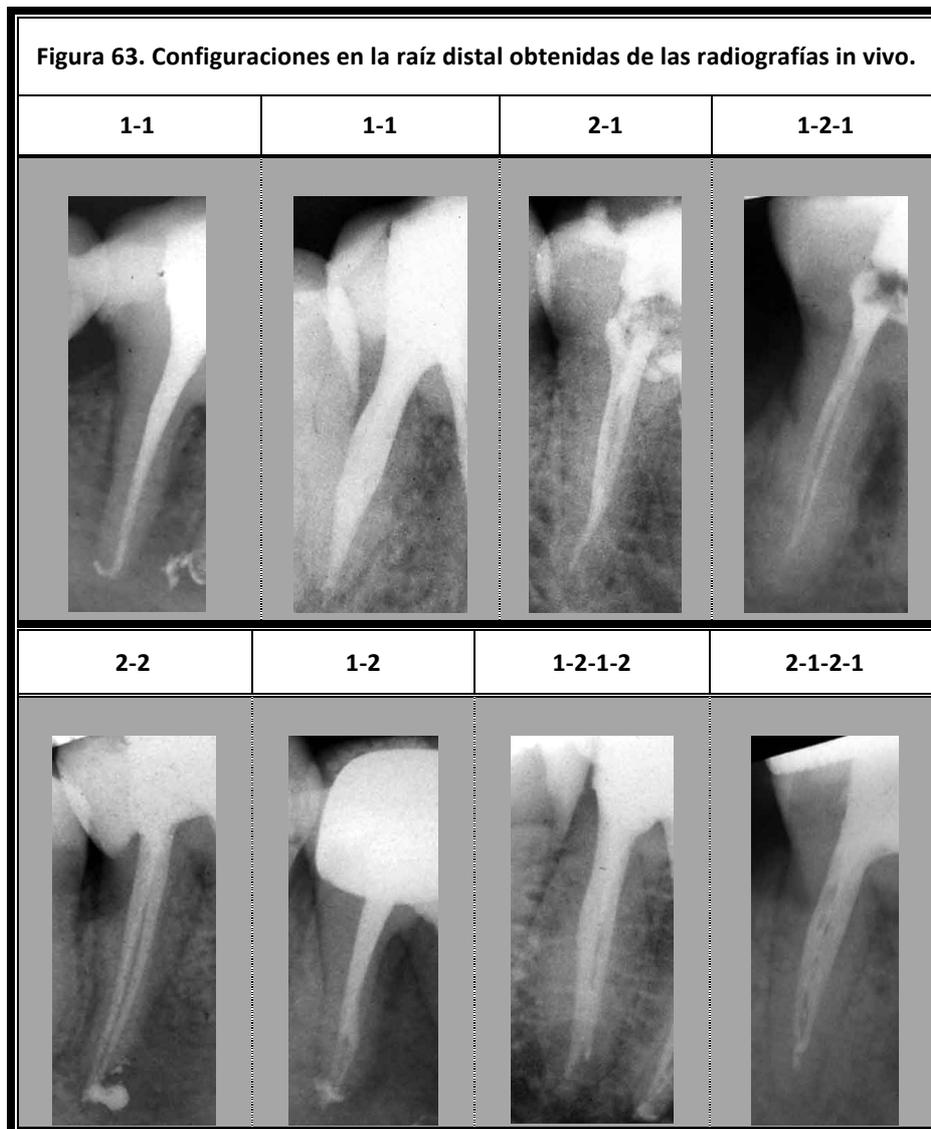
Tabla 30. Configuración de conductos en la raíz mesial observadas mediante radiografías in vivo.

	2-1	2-2	3-1	2-3-2
				
Nº raíces mesiales	50	72	1	1
Porcentaje del total	40.3	58.1	0.8	0.8



4.5.3. Configuración de conductos en la raíz distal.

Tabla 31. Configuraciones de conductos en la raíz distal observados en las radiografías in vivo.							
	1-1	2-1	1-2-1	2-2	1-2	1-2-1-2	2-1-2-1
							
Nº raíces distales	88	11	2	9	11	2	1
Porcentaje del total	71%	8.9%	1.6%	7.2%	8.9%	1.6%	0.8%



4.6. Paralelismo in vitro - in vivo.

4.6.1. Comparación entre la CBCT y los datos in vivo en la raíz mesial.

Tabla 32. Paralelismo del estudio in vitro realizado con CBCT y el estudio in vivo, en la raíz mesial.

	2-1	2-3-1	2-2	2-1-2	3-2	3-3	3-1-2	2-3-2
IN VITRO								
	39.6%	5.7%	39.6%	3.8%	5.7%	1.9%	1.9%	1.9%
	(2-1) 45.3%		(2-2) 43.4%		(3-1) 9.5%		(2-3-2) 1.9%	
IN VIVO								
	40.3%		58.1%		0.8%		0.8%	

4.6.2. Comparación entre la CBCT y los datos in vivo en la raíz distal.

Tabla 33. Paralelismo del estudio in vitro realizado con CBCT y el estudio in vivo, en la raíz distal.

	1-1	3-1	3-2-1	2-3-2-1	2-1	1-2-1	2-3	1-2-3-2	2-1-2	1-2	1-3-2	2-4-3-1
IN VITRO												
	47.2	7.5	3.8	3.8	5.7	18.9	1.9	1.9	3.8	1.9	1.9	1.9
	(1-1) 62.3%		(2-1) 5.7%		(1-2-1) 18.9%		(2-2) 7.6%		(1-2) 1.9%		(1-2-1-2) 1.9%	(2-1-2-1) 1.9%
IN VIVO												
	71%	8.9%	1.6%	7.2%	8.9%	1.6%	0.8%					

4.6.3. Comparación entre la diafanización y los datos in vivo en la raíz mesial.

Tabla 34. Paralelismo del estudio realizado con diafanización y el estudio in vivo, en la raíz mesial.

	2-1	1-2-1	2-3-1	2-2	2-1-2	2-1-4	3-2	3-1-2	3-2-1	3-3	3-1	3-1-3	2-3-2
IN VITRO													
	30.8%	1.9%	3.8%	28.8%	3.8%	1.9%	11.5%	1.9%	1.9%	5.8%	1.9%	1.9%	3.8%
	(2-1) 36.5%			(2-2) 34.5%			(3-1) 24.9%					(2-3-2) 3.8%	
IN VIVO	2-1	2-2			3-1					2-3-2			
	40.3%	58.1%			0.8%					0.8%			

4.6.4. Comparación entre la diafanización y los datos in vivo en la raíz distal.

Tabla 35. Paralelismo del estudio in vitro realizado con diafanización y el estudio in vivo, en la raíz distal.

	1-1	3-1	2-1	1-2-1	2-2	2-3	1-2	3-2	2-1-2	4-3-2	3-2-1
IN VITRO											
	40.4%	7.7%	19.2%	9.6%	3.8%	1.9%	5.8%	1.9%	1.9%	1.9%	5.8%
	(1-1) 48.1%	(2-1) 19.2%	(1-2-1) 9.6%	(2-2) 5.7%	(1-2) 7.7%	(1-2-1-2) 3.9%	(2-1-2-1) 5.8%				
IN VIVO											
	71%	8.9%	1.6%	7.2%	8.9%	1.6%	0.8%				

4.7. Resultados del análisis estadístico.

4.7.1. Comparación entre la capacidad de las técnicas in vitro para el estudio de la anatomía del sistema de conductos del primer molar inferior.

No se hallaron diferencias estadísticamente significativas (D.E.S.) entre las tres técnicas in vitro a la hora de mostrarnos el número de conductos de la muestra ($p = 0.4$).

En el análisis dos a dos, tampoco hubo D.E.S. entre ninguna de ellas. Si tomamos los datos de la diafanización como el número de conductos real de la muestra, podríamos afirmar que las tres técnicas son válidas para estudiar el número de conductos del primer molar inferior in vitro.

Para obtener más datos, se compararon las tres técnicas en cada grupo de número de conductos.

Para el *grupo de 3 conductos*, no hubo D.E.S. al comparar las tres técnicas a la vez ($p = 0.204$).

Para el *grupo de 4 conductos*, el valor de p obtenido al comparar las tres técnicas a la vez no alcanza la significación estadística ($p = 0.085$). En el análisis dos a dos, tampoco encontramos D.E.S. Los valores de p al evaluar la CBCT con las radiografías in vitro, por un lado, y con la diafanización, por el otro, son de $p = 0.068$.

Para el *grupo de 5 conductos* no se observaron D.E.S. ni al comparar las tres técnicas en conjunto ni en el análisis dos a dos. Lo mismo nos ocurre en los grupos de 6 y 7 conductos.

Para profundizar aún más en la comparación entre la CBCT y la diafanización se analizó estadísticamente la relación entre las configuraciones detectadas por cada técnica separadamente en la raíz mesial y en la distal. No se obtuvieron D.E.S. entre ambas técnicas en la raíz mesial ($p = 0.765$) ni tampoco en la raíz distal ($p = 0.317$).

4.7.2. Análisis de la influencia de diversas metodologías durante la apertura de los primeros molares inferiores en la capacidad de detección de conductos.

Al comparar las tres fases realizadas durante las aperturas camerales para la detección de conductos en la raíz mesial, obtenemos D.E.S. entre ellas ($p < 0.001$). Pasamos, por lo tanto, a realizar un análisis dos a dos. Si comparamos los resultados de las aperturas a ojo desnudo con las aperturas donde se añade el uso de ultrasonidos, no hay D.E.S. ($p = 0.273$).

Cuando analizamos las aperturas donde además se utiliza el microscopio operatorio (tercera fase), encontramos D.E.S. tanto si comparamos con las aperturas a ojo desnudo ($p < 0.001$), como cuando usamos los ultrasonidos sin magnificación ($p = 0.003$).

En la raíz distal, al realizar la comparación entre las tres técnicas, no obtenemos D.E.S. ($p = 0.913$).

Para poder obtener datos sobre la capacidad de detección de conductos en cada molar, sin especificar la raíz, hemos agrupado los datos de las raíces mesiales y distales y los hemos analizado conjuntamente. Al comparar las tres metodologías en el número de conductos localizados en los primeros molares inferiores hemos obtenido D.E.S. ($p = 0.039$).

Pasamos a realizar el análisis dos a dos y no obtenemos D.E.S. si comparamos el ojo desnudo con el uso de ultrasonidos ($p = 0.651$). Las diferencias sí son claramente significativas cuando comparamos el ojo desnudo con el microscopio ($p = 0.012$). La diferencia entre el uso de ultrasonidos con y sin magnificación no alcanza la significación estadística ($p = 0.052$).

En la última parte del análisis estadístico hemos evaluado, para cada metodología, la posible diferencia existente en la capacidad de detección de conductos en cada raíz. Mediante el ojo desnudo, no hemos obtenido D.E.S. en el número de conductos localizados entre la raíz mesial y la distal ($p = 0.463$). El uso de ultrasonidos y el microscopio operatorio han demostrado tener mayor utilidad en la búsqueda de conductos en la raíz mesial con respecto a la distal ($p = 0.047$ y $p < 0.001$, respectivamente).

4.7.3. Comparación de los resultados obtenidos in vivo, con las técnicas in vitro de la CBCT y la diafanización.

El orden del análisis estadístico seguido es similar al punto 4.7.1.

En la comparación global de las tres técnicas de estudio de la morfología del sistema de conductos de los primeros molares inferiores se hallaron D.E.S. ($p < 0.001$). A continuación se analizaron los resultados obtenidos in vivo con cada una de las dos técnicas in vitro obteniendo D.E.S. tanto con la CBCT ($p < 0.001$) como con la diafanización ($p < 0.001$).

Acto seguido se analizaron los resultados en cada grupo de número de conductos. Para el *grupo de 3 conductos*, la comparación global de las tres técnicas reflejó D.E.S. ($p < 0.001$). Posteriormente se analizaron los resultados obtenidos in vivo con cada una de las dos técnicas in vitro obteniendo D.E.S. tanto con la CBCT ($p = 0.003$) como con la diafanización ($p < 0.001$).

En el *grupo de 4 conductos* no obtuvimos D.E.S. ni en la comparación global ($p = 0,113$) ni al comparar la CBCT con las radiografías in vivo ($p = 0.719$). Al comparar la diafanización con las radiografías in vivo el valor de la p (0.084) no fue estadísticamente significativo.

En el *grupo de 5 conductos* la comparación global de las tres técnicas reflejó D.E.S. ($p < 0.001$). A continuación se analizaron los resultados obtenidos in vivo con cada una de las dos técnicas in vitro obteniendo D.E.S. tanto con la CBCT ($p < 0.001$) como con la diafanización ($p < 0.001$).

4.7.4. Paralelismo estudio in vitro – in vivo.

Una vez agrupadas las configuraciones obtenidas in vitro mediante diafanización y CBCT, para intentar asemejarlas a las posibles configuraciones resultantes in vivo tras el tratamiento endodóntico de las mismas, hemos comparado de nuevo los resultados con las configuraciones obtenidas in vivo.

En cuanto a las configuraciones de los sistemas de conductos obtenidas en la raíz mesial (**tablas 32 y 34**), al comparar las tres técnicas entre sí (CBCT, diafanización y resultados in vivo) hemos hallado D.E.S. ($p < 0.001$). Pasamos a

realizar una comparación dos a dos, obteniendo D.E.S. cuando evaluamos los resultados in vivo frente a la diafanización ($p < 0.001$) y también frente a la CBCT ($p < 0.001$). No hallamos D.E.S. cuando comparamos la CBCT con la diafanización ($p = 0.091$).

Con respecto a las configuraciones de sistemas de conductos obtenidas en la raíz distal (**tablas 33 y 35**), al comparar las tres técnicas entre sí (CBCT, diafanización y resultados in vivo) hemos hallado D.E.S. ($p = 0.001$). Pasamos a realizar una comparación dos a dos, obteniendo D.E.S. cuando evaluamos los resultados in vivo frente a la diafanización ($p = 0.006$) y también frente a la CBCT ($p = 0.003$). No hallamos D.E.S. cuando comparamos la CBCT con la diafanización ($p = 0.187$).

Por último, hemos realizado un análisis detallado de las configuraciones de ambas raíces comparando la diafanización con los resultados in vivo.

En la raíz mesial, no encontramos D.E.S. para la configuración 2-1 ($p = 0.503$) ni para la 2-3-2 ($p = 0.2$). Sí hay D.E.S. en las configuraciones 2-2 ($p = 0.005$) y 3-1 ($p < 0,001$).

En la raíz distal, observamos D.E.S. en las configuraciones 1-1 ($p = 0.006$) y 1-2-1 ($p = 0.024$). No hemos obtenido D.E.S en las configuraciones 2-1 ($p = 0.073$), 2-2 ($p = 1$), 1-2 ($p = 1$), 1-2-1-2 ($p = 0.583$) ni 2-1-2-1 ($p = 0.078$).

5. DISCUSIÓN

5.1. Metodología.

Hasta la fecha muchas han sido las técnicas y estudios que han surgido para un mayor y mejor conocimiento de la anatomía externa e interna de los dientes.

Desde que la Tomografía Axial Computarizada (TC) fue desarrollada por Hounsfield (1973), surgen gran cantidad de técnicas, entre las que se encuentran la Tomografía Computarizada Helicoidal (STC), la Tomografía Computarizada de Haz de Rayos (CBCT) y la Microtomografía Computarizada (MCT). No obstante hasta varios años después, en el trabajo realizado por Tachibana y Matsumoto (1990), no se publicaron las posibles aplicaciones de la TC en la endodoncia, aunque llegaron a la conclusión de que contaba con grandes limitaciones en este campo, debido a la baja resolución de las imágenes y el alto coste del proceso.

Sin embargo, Nielsen y cols. (1995) obtuvieron nuevas y mejores aplicaciones. Utilizaron el análisis tomográfico de alta resolución para conocer la morfología externa e interna, el cambio en el tamaño y la forma del tejido pulpar a lo largo del sistema de conductos y para evaluar el transporte apical existente después de instrumentar los conductos, así como la proporción de gutapercha y sellador dentro de la obturación, clasificando dicha tecnología como un importante avance para la investigación en endodoncia.

A diferencia de las técnicas clásicas, la TC ha demostrado su eficacia suponiendo un gran avance en la investigación de la morfología radicular, así como para comprender el funcionamiento de los instrumentos dentro del sistema de conductos de una manera no invasiva, respetando las estructuras dentales. Otra de las principales ventajas de la TC, es que ofrece la posibilidad de realizar reconstrucciones tridimensionales del sistema de conductos, lo cual ha permitido conocer de manera más fiable el interior de las raíces. Como una ventaja adicional, con algunos de los software aplicados se pueden obtener imágenes de distintos cortes del tejido, y seleccionar el grosor y la localización de los mismos (Brooks 1993).

La Tomografía Computarizada de Haz de Rayos (CBCT) se introdujo en medicina a finales de los 80 (Robb y cols. 1982); sin embargo, en odontología no se aplicó hasta el año 2003 (Danforth y cols. 2003, Winter y cols. 2005, Arnheiter y cols. 2006). Las unidades de CBCT son similares a un panorámico, mejorando la comodidad del paciente, aunque también existen equipos que realizan el escaneado con el paciente en posición tumbada, como un tomógrafo clásico.

Una de las mejoras que incorpora la CBCT frente a la TC es la reducción considerable de radiación que recibe el paciente. Aunque depende de muchos factores, la exposición a rayos X de la CBCT se puede comparar con la de una radiografía panorámica, o una serie periapical completa realizada con un aparato de radiografías dentales convencional (Frederiksen y cols. 1994, Lecomber y cols. 2001, Mah y cols. 2003, Schulze y cols. 2004, Tsiklakis y cols. 2005, Ludlow y cols. 2006). El último dispositivo de Kodak diseñado específicamente para su uso en endodoncia, el Kodak 9000 3D system, compara la dosis que recibe el paciente (entre 5.3 y 39.3 μSv) con la exposición a la radiación ambiental que recibiríamos durante un periodo de 1 a 3 días (Scarfe y cols. 2009).

En este sentido es de destacar que la posibilidad de modificar el campo de visión al realizar una CBCT permite acotar el terreno a escanear, reduciendo así de manera sustancial la dosis sobre el paciente. En endodoncia, esta característica es muy importante, puesto que suele ser necesario analizar un solo diente y sus tejidos adyacentes. Algunas unidades de CBCT permiten obtener un campo de visión de 4 cm de diámetro. Así, al disminuir la cantidad de tejido que vamos a escanear, la dosis de radiación que recibe el paciente con un moderno aparato de CBCT es comparable a dos o tres radiografías periapicales (Patel 2009). También se puede acotar el campo de visión sin disminuir la dosis de radiación, consiguiendo una elevada resolución del tejido escaneado cuando necesitemos visualizar estructuras anatómicas de reducido tamaño.

Otra técnica de gran interés que surgió a partir de la Tomografía Computarizada, es la Micro Tomografía Computarizada (mCT), que permite obtener cortes en distintos planos del espacio, pudiendo llegar éstos hasta un espesor de 5 micras, mientras que para CBCT el corte mínimo alcanzado es de 76 micras.

La micro-CT se utilizó por primera vez en endodoncia en 1995 (Nielsen y cols. 1995). Al igual que las técnicas comentadas anteriormente, se puede emplear para estudiar la anatomía interna del sistema de conductos. Sin embargo, a diferencia de la CBCT, hasta la fecha sólo sirve para realizar estudios *in vitro*, puesto que genera elevadas dosis de radiación. Los estudios *in vitro* son escasos y el número de muestras empleado es reducido debido a la cantidad de tiempo y el costo económico que conlleva analizar cada muestra (Mannocci y cols. 2005). En un artículo realizado por Gu y cols. (2010a), estos autores muestran reconstrucciones tridimensionales de varios primeros molares inferiores con tres raíces escaneadas mediante micro-CT. A

pesar de que la resolución empleada fue de 21 μm , la riqueza y la nitidez de los detalles, supera a cualquier otra técnica de imagen.

Las aplicaciones de la CBCT en el campo odontológico han ido aumentando desde su aparición en el mercado. En publicaciones actuales ha demostrado tener mayor sensibilidad que las radiografías periapicales para diagnosticar una periodontitis apical; es decir, la radiografía periapical mostró una mayor probabilidad de no diagnosticar una periodontitis apical existente, comparada con la CBCT (De Paula-Silva y cols. 2009). Su uso también es indispensable en la planificación prequirúrgica para localizar con exactitud la posición del nervio dentario inferior (Simonton y cols. 2009). Además, las imágenes tridimensionales obtenidas pueden ser utilizadas para realizar precisas mediciones lineales o angulares de otras estructuras maxilofaciales (Moreira y cols. 2009).

En el campo de la endodoncia se han descrito diversas aplicaciones en las que la CBCT aporta una visión tridimensional necesaria para tomar importantes decisiones diagnósticas. Ha sido empleada con éxito en las siguientes situaciones (Cotton y cols. 2007):

- *Diagnóstico y valoración de la morfología de conductos in vivo.* Previo a la realización de un retratamiento de conductos en un M1 inferior sintomático, los autores observaron la presencia de una raíz DL que previamente no había sido localizada, causando el fracaso del tratamiento anterior.
- *Patología no endodóntica.* Los autores muestran que es de gran utilidad para realizar un correcto diagnóstico diferencial. En las radiografías periapicales habían observado una imagen radiolúcida en relación al ápice de un incisivo central. Sin embargo, la reconstrucción tridimensional permitió comprobar que era independiente de la raíz dentaria y se trataba realmente de un amplio foramen incisivo.
- *Fractura radicular.* Se puede observar una vista lateral de la pieza afectada.
- *Reabsorción interna.* El poder diagnosticar si una reabsorción es perforante o no, es un factor clave y nos indica el pronóstico de la pieza.
- *Reabsorción cervical invasiva.* Puesto que su tratamiento varía en función de la destrucción radicular existente, los autores señalan que debe ser evaluada en los tres planos del espacio.

Cuando expusimos por primera vez los resultados de la CBCT para el estudio de la morfología interna del primer molar inferior (XXX Congreso Nacional de la Asociación Española de Endodoncia, Alicante 2009), apenas contábamos con publicaciones similares en la literatura. Matherne y cols. (2008) llevaron a cabo el primer estudio in vitro usando CBCT para evaluar la configuración de conductos de varias piezas dentarias. Realmente, lo que querían era comparar dos sistemas radiográficos digitales, y usaron los datos de la CBCT como control positivo del estudio. Concluyeron que, in vitro, las imágenes de CBCT son capaces de diagnosticar un mayor número de sistemas de conductos radiculares, comparadas con dos sistemas de radiología digital. Sin embargo, en nuestros resultados no hemos encontrado diferencias significativas. Probablemente la explicación se encuentre dentro de la metodología. Matherne y cols. (2008) sólo realizan dos proyecciones radiográficas, una ortorradial y una mesiorradial con 20° de angulación. Nosotros hemos realizado también una proyección distorradial, y además la angulación de ambas ha sido de 30°, siguiendo las recomendaciones de Martínez-Lozano y cols. (1999). El resultado ha sido que la información proporcionada por la radiología digital ha sido similar a la obtenida mediante el análisis tridimensional de las muestras con la CBCT. Respecto al M1 inferior, el único artículo publicado con CBCT sólo estaba enfocado a evaluar la morfología externa de este molar in vivo, sin aportar datos sobre el sistema de conductos (Tu y cols. 2009).

Hoy en día, la CBCT se está convirtiendo en la metodología más utilizada para el estudio tanto de la anatomía interna como externa. Las **tablas 1 y 2** son un fiel reflejo de ello si atendemos al número de publicaciones recientes en relación al primer molar inferior, pero también se utiliza en otras piezas dentarias.

El primer molar permanente superior, ha sido estudiado mediante la tecnología “cone-beam” en varias publicaciones. Baratto Filho y cols. (2009) examinan in vivo 54 M1 superiores de pacientes sometidos a un estudio tomográfico por otras causas. No especifican la resolución utilizada, pero concluyen que la CBCT (concretamente con el aparato diagnóstico i-Cat) es importante para localizar conductos y que puede ser utilizada como un buen método para la identificación inicial de la anatomía de los primeros molares maxilares, previo al tratamiento endodóntico. Resultados similares obtienen Blattner y cols. (2010) usando i-Cat, al comparar in vitro el número de conductos mesio-palatinos localizados con CBCT con la sección de las muestras, aunque este trabajo también se realizó en primeros molares superiores permanentes. Neelakantan y cols. (2010b) publicaron en 2010 el primer estudio in vitro dedicado a analizar la morfología interna del primer molar maxilar utilizando la tecnología CBCT.

Los trabajos mencionados corroboran el interés de la CBCT aplicada al estudio de la morfología del sistema de conductos. Los resultados de estos autores, aunque referidos al primer molar maxilar confirman los resultados de nuestro estudio, en el que se ha mostrado que esta técnica es muy eficaz analizando el número de conductos y su disposición en el interior radicular. Hasta la fecha, no existe ninguna publicación similar respecto al M1 inferior.

Siguiendo la idea propuesta por Tu y cols. (2009), otros dos grupos de trabajo han aplicado la tecnología CBCT in vivo para estudiar el M1 superior (Zheng y cols. 2010, Lee y cols. 2011).

A mediados del 2010 se publicó un estudio in vitro sobre la capacidad real de la tecnología Cone Beam (Kodak 9000 3D), comparando imágenes de CBCT con cortes histológicos en varias piezas dentarias. El resultado fue que las imágenes tomográficas obtenidas son un instrumento de medida interesante, ya que es fiable y no invasivo, y puede ser usado en todos los planos (Michetti y cols. 2010). Neelakantan y cols. (2010a) compararon las imágenes de un moderno aparato de CBCT (sistema 3D Accuitomo) con otras técnicas para el estudio de la morfología de conductos, incluyendo la diafanización. Sus conclusiones son similares a las de Michetti y cols. (2010), ofreciendo veracidad a los datos obtenidos mediante la tomografía de haz cónico. Los resultados de nuestro estudio (expuestos en el XXXI Congreso Nacional de la Asociación Española de Endodoncia, Córdoba 2010), concuerdan con ambas investigaciones, pues no hemos hallado diferencias estadísticamente significativas en la capacidad de la CBCT para mostrarnos la anatomía interna del M1 inferior, en relación a otras técnicas diagnósticas.

Como ya señalamos, los primeros molares inferiores nunca habían sido evaluados mediante CBCT in vivo, hasta la publicación de Tu y cols. (2009). En su estudio, utilizaron exploraciones realizadas con i-Cat por otros motivos (implantológicos, ortodónticos, etc.) y buscaron la presencia bilateral de M1 inferiores. Encontraron un total de 123 sujetos y analizaron 246 molares en busca del número de raíces, sin ofrecernos datos sobre su morfología interna. Un 25.6% presentaba tres raíces. Huang y cols. (2010b) desarrollaron un estudio similar con TC, y además de obtener un número de raíces análogo, sí aportan datos sobre el número de conductos, pero no sobre su configuración. Poco después, Huang y cols. (2010a) y Wang y cols. (2010) publican sendos estudios in vivo usando CBCT con una metodología similar a la descrita anteriormente, coincidiendo de nuevo en el número de raíces y aportando además información sobre las configuraciones anatómicas internas en cada raíz.

Estudios similares, pero bidimensionales, analizando la morfología externa y el número de raíces del M1 inferior (Tu y cols. 2007, Yew y Chan 1993, Huang y cols. 2007) mostraron porcentajes inferiores. Dado que la raza de la población de estudio es la misma, la explicación de los autores es que el análisis mediante la imagen tridimensional es más exacto. Por lo tanto, la CBCT es un método que ofrece detalle y precisión para el estudio de los molares sin destrucción de los mismos y posiblemente en la actualidad sea más fiable que otras metodologías usadas para determinar la prevalencia de anomalías dentales.

Creemos que nuestro trabajo, es el primer estudio in vitro que utiliza las imágenes de CBCT ofrecidas por el aparato diagnóstico i-Cat, para analizar la morfología interna del primer molar permanente inferior. Nuestro objetivo principal era visualizar el complejo sistema de conductos de los M1 inferiores mediante diversos sistemas con el fin de corroborar la fiabilidad de los resultados obtenidos con CBCT y así éstos han sido comparados con otras dos metodologías in vitro: la radiología digital y la diafanización.

Pensamos que sería de gran interés contrastar los resultados con la radiología digital pues, habitualmente, es el único método diagnóstico empleado ante numerosas situaciones clínicas, entre ellas los tratamientos de conductos. Hemos seleccionado la radiología digital mediante el sensor Kodak RVG 6100, cuya capacidad diagnóstica ha demostrado ser superior a otros métodos disponibles en el mercado (Radel y cols. 2006). Durante el estudio radiográfico de las muestras se colocaron en un soporte sin ningún tipo de material alrededor, pues queríamos poder identificar la anatomía sin interferencias. Las angulaciones radiográficas seleccionadas fueron +30° y -30° en el plano horizontal, porque según demostraron Martínez-Lozano y cols. (1999), son las que nos pueden ofrecer una mayor información sobre el sistema de conductos radicular. Para poder determinar con exactitud la angulación de cada proyección radiográfica, utilizamos la plataforma descrita por Iqbal y cols. (2003), que permite obtener con precisión y de forma reproducible las imágenes radiográficas desproyectadas.

Utilizamos la diafanización como método de comparación in vitro porque es una técnica ampliamente utilizada en las publicaciones sobre anatomía interna del primer molar inferior (Chen y cols. 2009, Gulabivala y cols. 2002, Rwenyonyi y cols. 2009), como se puede observar en las **tablas 2, 3, 4 y 6**, y que también ha sido utilizado en otras piezas dentarias. Esta metodología está respaldada por numerosa literatura científica (Vertucci 1984, Gulabivala y cols. 2001, Ahmed y cols. 2007) como

un procedimiento válido para mostrar con precisión y riqueza de detalles la morfología del sistema de conductos. En nuestro trabajo in vitro, fue el último método de estudio empleado, pues ejerce una acción irreversible sobre las muestras, a diferencia de la radiología digital o la CBCT, que no las altera de ningún modo. Todas las muestras fueron transparentizadas mediante la técnica descrita por Robertson y cols. (1980).

No obstante, cuando revisamos la literatura y analizamos los datos sobre el número de conductos (**tabla 2**) referidos en estudios clínicos, los autores describen un mayor número de orificios de conductos en la cámara pulpar de los que se observan en los dientes diafanizados de los estudios in vitro. La literatura no esclarece el porqué, pero esta diferencia probablemente es debida a que las calcificaciones en las entradas a los conductos son un impedimento a la entrada de la tinta en su interior. En los trabajos o publicaciones clínicas realizados por endodoncistas con experiencia, éstos refieren una concienzuda búsqueda, eliminando dichas calcificaciones coronales con diferentes métodos para localizar todos los conductos. Los trabajos de Fabra Campos (1985), Pattanshetti y cols. (2008) y Al Nazhan (1999) son un fiel reflejo de esta situación, pues obtienen una incidencia de M1 inferiores con 4 conductos superior al 50%, lejana al 37.6% obtenido en la revisión de la literatura (**tabla 2**).

Otra posible explicación a las diferencias existentes en número de conductos total de los M1 inferiores entre los estudios clínicos publicados y los trabajos in vitro que emplean la diafanización es la apertura cameral. Fabra Campos (1985) describe que, sistemáticamente, realiza modificaciones en las aperturas para ubicar anatomía accesoria, como un segundo conducto distal o un tercero mesial en las raíces de los M1 inferiores. En la técnica de la diafanización, algunos autores realizan una apertura convencional, sin modificaciones (Gulabivala y cols. 2001, Al-Qudah y Awawdeh 2009); otros incluso sólo acceden a la cámara pulpar con fresas de pequeño calibre y ni siquiera eliminan completamente el techo cameral (Vertucci 1984). Por nuestra experiencia clínica en endodoncia, sabemos perfectamente que si no eliminamos la dentina que oblitera la entrada a un conducto, es imposible acceder a él, ni siquiera con limas de pequeño diámetro como por ejemplo las del número 06 (cuyo tamaño en la punta es de 0,06 milímetros).

También puede ser debido, en el caso de los M1 inferiores, a la existencia de un murete de dentina entre los dos conductos principales de la raíz mesial. Coincidimos con Yesilsoy y cols. (2002) en que este muro nos impide el acceso y la exploración del surco de unión que existe entre los conductos MV y ML donde habitualmente se localiza el conducto mesiocentral y, por lo tanto, puede pasar

despercibida la entrada a este tercer conducto de la raíz mesial (Baugh y Wallace 2004).

Teniendo en cuenta estas consideraciones, surge la duda al respecto a si en la técnica de transparentización, el hipoclorito y la tinta serán capaces de penetrar en un conducto cuya entrada se encuentre obstruida por tejido calcificado. Por lo tanto, decidimos cambiar la metodología habitual de los estudios realizados con diafanización y basándonos en las recomendaciones de autores clínicos (Fabra Campos 1985, Pattanshetti y cols. 2008) introdujimos modificaciones en la apertura de la cámara pulpar para localizar todos los conductos antes de proceder a la inyección de tinta. Este proceso se dividió en tres partes para determinar la influencia del uso de los ultrasonidos y el microscopio operatorio en la localización de los orificios de entrada al sistema de conductos radicular. Varios estudios demuestran que gracias a la ayuda del microscopio operatorio aumenta el número de conductos localizados en los primeros molares superiores (Baldasari-Cruz y cols. 2002, Yoshioka y cols. 2002), y aunque sólo dos hacen referencia al M1 inferior, también lo corroboran (De Carvalho y Zuolo 2000, Karapinar-Kazandag y cols. 2010).

En nuestra metodología in vitro, comenzamos la primera fase de las aperturas sin el uso de los ultrasonidos ni la magnificación y anotamos el número de conductos que fuimos capaces de localizar. En una segunda fase, añadimos el uso de los ultrasonidos y en la tercera fase, sumamos el microscopio operatorio. Quisimos separar los resultados obtenidos cuando, además de los ultrasonidos, se utiliza el microscopio operatorio, por dos razones. En primer lugar porque el uso de ultrasonidos en endodoncia debería ser una práctica rutinaria y toda consulta dispone de un aparato de ultrasonidos, más o menos sofisticado. Sin embargo, el microscopio es una herramienta cuyo uso no está masificado e incluso gran parte de los profesionales que se dedican exclusivamente a la endodoncia no lo utilizan. En segundo lugar, porque otros estudios (Yoshioka y cols. 2002) en su metodología de trabajo incorporan los ultrasonidos y el microscopio juntos, de manera que no se puede determinar cuál es su influencia real de cada uno de ellos a la hora de facilitarnos la búsqueda de los conductos radiculares.

La realización de las diversas modificaciones en las aperturas, siguiendo las instrucciones que la revisión de la literatura nos ha proporcionado, supone una metodología novedosa, no realizada previamente en estudios de diafanización. Requiere un mayor esfuerzo y tiempo de trabajo, pues no se trata únicamente de acceder a la cámara pulpar y alisar sus paredes, sino que poco a poco se va

eliminando toda la dentina esclerótica presente entre los conductos principales de la raíz mesial, para exponer el surco de unión entre ambos. Constantemente se utiliza la sonda endodóntica y limas de pequeño calibre para intentar permeabilizar un conducto accesorio. En la última fase, al añadir el microscopio, nos damos cuenta de que el trabajo realizado anteriormente era insuficiente y gran parte de la morfología del surco de unión permanecía inexplorada. Continuamos entonces nuestro trabajo con los ultrasonidos, pero esta vez a 21.3 aumentos, hasta localizar un conducto mesiocentral; o bien, hasta estar seguros de que no existe. Si la raíz distal tiene dos conductos principales, se lleva a cabo la misma operación descrita en la raíz mesial. Sin embargo, pensamos que ésta es la forma más eficaz de que la tinta, inyectada posteriormente, sea capaz de introducirse por todos los recovecos del sistema de conductos para reflejar la anatomía real de los M1 inferiores.

La parte clínica de nuestro trabajo fue desarrollada en una consulta con práctica exclusiva de endodoncia, cuyos tratamientos están derivados en su totalidad por otros dentistas y tienen unas características que no puede identificarse con una población general. Han pasado una selección previa por distintos motivos: relacionados con el paciente, con la patología pulpar o perirradicular o por las características del diente; en todo caso, con unas dificultades adicionales para llevar a cabo el tratamiento.

El protocolo de apertura, aunque estandarizado, presenta las variaciones originadas por dicha situación: dientes con intentos de localizar los conductos, escalones, perforaciones, calcificaciones y deformación de la anatomía inicial. En otras ocasiones, el paciente ha sido referido porque ya en las radiografías previas se han previsto posibles dificultades por obliteraciones de la cámara pulpar o restauraciones profundas. En ciertos casos, la dificultad no radica en la anatomía, sino que dientes radiográficamente asequibles a un tratamiento de calidad son derivados a la consulta del especialista por las características del paciente: apertura de la boca, náuseas, ansiedad, problemas físicos o psíquicos que pueden reflejar un tratamiento que no alcanzaría la excelencia deseada.

La presencia de un segundo conducto distal, y su falta de tratamiento es aceptada como una de las causas más frecuentes de fracaso en los M1 inferiores (Fabra Campos 1983). De acuerdo con esta afirmación, cuando inicialmente no se localizó se utilizaron ultrasonidos y magnificación con lupas para su búsqueda. En la mayor parte de los M1 inferiores que eran retratamientos de conductos, tras modificar

la apertura para llevarla hacia una forma rectangular, se localizó un segundo conducto distal.

Sin embargo, respecto a la raíz mesial, el protocolo clínico llevado a cabo no fue modificado según los datos de la revisión bibliográfica. Trabajos citados en numerosas ocasiones por otros autores, como los de Vertucci (1984), Pineda y Kuttler (1972) o Sperber y Moreau (1998), señalan que la localización de los terceros conductos en la raíz mesial no es considerada una variante habitual de los conductos, sino mas bien una rareza. Tras instrumentar los 3 ó 4 conductos principales (dos en la raíz mesial y uno o dos, en la distal), la búsqueda de un conducto mesiocentral no suponía una prioridad, ni requería un esfuerzo adicional de forma rutinaria, aunque siempre se exploró el surco entre ambos conductos mesiales.

5.2. Anatomía del sistema de conductos.

Los resultados reflejados en los trabajos realizados sobre el número de conductos totales presentes en los M1 inferiores son muy variables, con una frecuencia que oscila del 42% al 85% de molares con tres conductos, del 6% al 57% con cuatro conductos y del 0 al 5% con 5 conductos (**Tabla 2**). En la literatura, además, se pueden apreciar diferencias entre los estudios in vitro e in vivo. Si analizamos por separado los datos de la **tabla 2**, obtenemos una media en la frecuencia de 4 conductos para los estudios clínicos in vivo del 40.7% (con un rango de variación que va desde el 26.3% hasta el 57.8%), mientras que para los estudios in vitro es del 28.8% (con un rango de variación que va desde el 6.4% al 45.9%).

Dentro de los estudios que emplean la diafanización, observamos en tres de ellos elevados porcentajes molares con cuatro conductos, muy superiores a la media que acabamos de mencionar para los trabajos in vitro (Al-Qudah y Awawdeh 2009, Chen y cols. 2009, Ahmed y cols. 2007). Concretamente, los resultados obtenidos por Ahmed y cols. (2007) son de un 59%, valor que está por encima de cualquier otro estudio. Aunque la metodología para hacer transparentes los dientes es similar al resto de estudios de diafanización, estos autores no inyectan tinta dentro de las raíces, hecho que podría perjudicar la correcta visualización de su morfología interna. No obstante, como sólo hablan del porcentaje de molares con cuatro conductos, pero no de 3 ó 5, sus datos no están incluidos en la **tabla 2**. Sin embargo, la metodología utilizada por Al-Qudah y Awawdeh (2009) y Chen y cols. (2009) es similar a otros

estudios de diafanización y sus resultados, con algo más del 45%, también son superiores al resto. Gulabivala y cols. (2002), con esta técnica, obtienen 4 conductos en un 30% de los M1 inferiores evaluados. Es importante señalar que en este trabajo la incidencia de molares con una tercera raíz DL, era del 12.7%; por lo tanto, probablemente el porcentaje de molares con 2 raíces y cuatro conductos, analizado por separado, sería inferior al 30% y se parecería más al 21.1% obtenido por Rocha y cols. (1996).

Estamos de acuerdo con Al-Qudah y Awawdeh (2009) en que las diferencias entre dichos estudios pueden deberse a la forma de interpretar el número de conductos. Estos autores contabilizan el mayor número de conductos visibles entre las dos raíces, en cualquier tercio de las mismas; otros autores sólo tienen en cuenta el número de orificios presentes en la cámara pulpar, por lo que configuraciones tipo III, V y VII de Vertucci son consideradas como un solo conducto. Al-Qudah y Awawdeh (2009) definen su metodología como la forma más precisa, puesto que no ignoran la presencia de conductos en el tercio medio, los cuales deben ser permeabilizados, limpiados y conformados para conseguir un tratamiento óptimo. La técnica de diafanización permite la visualización de todos los conductos, y no sólo de los diferentes orificios de entrada presentes en la cámara pulpar.

En los trabajos clínicos los porcentajes de M1 inferiores con 4 conductos se sitúan en un rango que va del 26% al 49% (Yew y Chan 1993, Suarez Feito y cols. 1995, Zaatar y cols. 1997, Fabra Campos 1983, Fabra Campos 1985, Pattanshetti y cols. 2008). Fuera de estos valores encontramos los resultados de Al-Nazhan (1999), que alcanzan el 58%. Este autor especifica que generalmente el cuarto conducto aparece en la raíz distal; por tanto, la diferencia pueda estar en la metodología empleada para localizarlos. El conducto distal, de ser único, adopta una morfología muy acintada en sentido VL, obligando a instrumentarlo como si fuesen dos conductos. Generalmente, en la radiografía de conductometría, se introducen dos limas que incluso, dado lo ancho del conducto, pueden alcanzar ambas la longitud de trabajo. Pensamos que a efectos de contabilizar conductos, debiera ser considerado como un solo conducto distal, pero este estudio se basa en la observación retrospectiva de radiografías de conductometría, y podría explicar la elevada incidencia del segundo conducto distal reflejada en el artículo del Al-Nazhan (1999).

Si profundizamos en los trabajos clínicos y nos centramos en aquellos llevados a cabo por endodoncistas exclusivos con experiencia, los resultados cambian. Fabra Campos (1983, 1985) obtiene un elevado porcentaje del 48% de M1 inferiores con

cuatro conductos, debido en su mayor parte a la presencia de dos conductos en la raíz distal. Su metodología es más fiable, al basarse en la observación de radiografías finales en diferentes proyecciones y contabilizar 3 ó 4 conductos en función de si se aprecian o no separados en ellas. Resultados muy similares observamos en los trabajos de Furri y cols. (2007) y Pattanshetti y cols. (2008), con un 43% y un 46.4%, respectivamente. Probablemente la experiencia del operador es un factor determinante y podría explicar los diferentes resultados en los estudios in vivo. Quizá no deberíamos comparar estudios retrospectivos de dientes endodonciados en los que no se especifica el operador, con los datos de la consulta de un endodoncista, que pueden ser más fiables a la hora de determinar el número de conductos reales.

En la parte clínica de nuestro trabajo, el porcentaje de cuatro conductos ascendió al 30.6%. Esta ligera disminución es debido a una menor incidencia en la presencia de dos conductos distales, que puede deberse a cambios en la metodología, fundamentalmente en la irrigación, con respecto a los trabajos de endodoncistas mencionados anteriormente. En ellos se habla de realizar modificaciones en la apertura para localizar conductos, pero en ningún caso hablan de las técnicas de irrigación empleadas hoy en día. Está demostrado que, una vez concluida la instrumentación, la irrigación ultrasónica pasiva es capaz de mejorar el efecto de los irrigantes, tanto por su capacidad de impulsarlos hacia los recovecos del sistema de conductos como por el hecho de elevar su temperatura (De Gregorio y cols. 2010). Siguiendo estas recomendaciones, en nuestro trabajo clínico utilizamos en todos los casos una irrigación ultrasónica pasiva con puntas Irrisafe 20-21 (Satelec Acteon Group), realizando un movimiento de barrido, sobre todo en el caso de existir dos conductos principales con un istmo entre ambos. Posiblemente, por eso la imagen radiográfica final es de un conducto, cuando realmente se trataron dos.

Además, los sistemas de conductos de todos aquellos casos que hubieron de realizarse en dos sesiones, fueron rellenados con hidróxido de calcio. Para retirar esta medicación intraconducto antes de proceder a la fase de obturación endodóntica, se utilizaron instrumentos rotatorios y de nuevo se volvió a realizar una irrigación ultrasónica, que en estos casos quizá no sea tan pasiva, pues el objetivo de la misma es tocar todas las paredes posibles, para ir despegando los restos de hidróxido de calcio (Wiseman y cols. 2011).

Como podemos observar en las imágenes de la CBCT o la diafanización, en las que tenemos una visión directa desde proximal de las raíces distales, en los casos de configuraciones complejas en la raíz distal, los espacios entre unos conductos y

otros son tan ínfimos que la instrumentación de los mismos podría dar como resultado un único conducto acintado. Recordemos que en la parte clínica estamos valorando las radiografías finales, realizadas desde una proyección vestibular, más o menos angulada. No estamos teniendo en cuenta, por tanto, que algunas raíces distales han sido instrumentadas pincelando con instrumentos rotatorios en sentido vestíbulo lingual y que, una vez finalizada la instrumentación, se han empleado puntas ultrasónicas para mejorar la irrigación, capaces de eliminar pequeños tabiques entre unos conductos y otros. Como resultado final, gran parte de estas variaciones anatómicas que muestran las imágenes in vitro desaparecen al unirse dos o más conductos, transformándose una sección circular en una ovalada o arriñonada. La consecuencia directa es que raíces distales donde inicialmente se localizaron dos conductos principales, aparecen en la radiografía final como raíces distales con un único conducto acintado en su interior.

Respecto a la variable incidencia de los M1 inferiores de 4 conductos reflejada en la literatura, los mayores porcentajes en los estudios en pacientes con respecto a los trabajos in vitro, podrían deberse a las modificaciones realizadas en la apertura por los clínicos in vivo, en los que se amplía el lado distal de la apertura y se explora el surco de unión entre los conductos principales de la raíz mesial. En los estudios in vitro, se habla de realizar una apertura o incluso a veces simplemente una caída en vacío dentro de la cámara pulpar y, acto seguido, sumergir las muestras un día en hipoclorito sódico para disolver todo el tejido pulpar remanente y permitir la penetración de la tinta, pero no de buscar los conductos de forma concienzuda. En los estudios basados en revisiones de casos de endodoncistas (Fabra Campos 1985, Fabra Campos 1983, Pattanshetti y cols. 2008) se realizan diversos cambios en la apertura con la idea de intentar siempre encontrar el máximo número de conductos posible.

Tres de las publicaciones sobre anatomía más recientes, emplean la CBCT in vivo para contabilizar el número de conductos de M1 inferiores sin ningún tipo de tratamiento endodóntico y coinciden con los datos clínicos mencionados, mostrando una incidencia de 4 conductos superior al 40.5% en todos ellos (Zhang y cols. 2011, Huang y cols. 2010a, Wang y cols. 2010). Sin embargo, hemos de tomar estos datos con cautela, pues las tres publicaciones estudian poblaciones asiáticas, y obtienen valores de M1 inferiores con tres raíces superiores al 25%. En el estudio de Pattanshetti y cols. (2008) su incidencia apenas supera el 3% de las muestras y en el de Fabra Campos (1985) todos los M1 inferiores tratados tenían dos raíces. Es decir, que en estos dos últimos artículos, los M1 inferiores de 4 conductos se deben en su

mayoría a dos conductos en la raíz distal, mientras que en los tres anteriores, gran parte de ellos se deben a un conducto en cada una de las dos raíces distales. De hecho, Wang y cols. (2010), tras analizar 558 M1 inferiores in vivo mediante CBCT, concluyen que cuando aparece una raíz distolingual, la raíz distovestibular adquiere una configuración de conductos más sencilla. En los 144 M1 inferiores con tres raíces, la incidencia de la configuración 1-1 en la raíz DV ascendió al 98.6%. Por el contrario, en los 410 M1 inferiores con dos raíces, la incidencia disminuyó hasta el 62.9% y dio paso a la aparición de configuraciones como la 2-1, 1-2-1, 2-2, 1-2, 2-3 y 2-3-2.

Todas estas consideraciones, nos llevan a pensar que la raza no sólo influye en el número de raíces que presentan los M1 inferiores, sino también en la complejidad de sus sistemas de conductos.

Con frecuencia las calcificaciones coronales no permiten acceder al interior de un conducto, pero esto no indica su desaparición. La calcificación siempre sigue una dirección corono-apical como han descrito Stock y Nehammer (1985); por tanto, la parte más complicada para un clínico es identificar la entrada al conducto, pero una vez logrado, su instrumentación suele ser sencilla. Mediante la CBCT, podemos observar cortes axiales de las raíces a cualquier altura, y contabilizar el número de conductos, de forma independiente a si el acceso desde coronal es más o menos complicado. Utilizando esta técnica en nuestro estudio, in vitro, hemos hallado que un 28.3% de las muestras presentan cinco conductos, resultando estos datos de gran interés para determinar la morfología radicular interna. No obstante, podríamos pensar entonces que la información aportada por la CBCT no es del todo válida, si comparamos sus resultados con lo visto en la literatura (**Tabla 2:** 0.9% de M1 inferiores con 5 conductos). Sin embargo, los resultados que hemos obtenido tras la diafanización de las mismas muestras, precedida de una exhaustiva búsqueda de los conductos en la que se han eliminado las calcificaciones coronales, confirma nuestros resultados, sin diferencias estadísticamente significativas.

Peiris y cols. (2008) describen que inicialmente, tanto las raíces distales como las mesiales, albergan en su interior un único conducto, y posteriormente, la formación de dentina en su interior produce una división del mismo y origina un sistema de conductos. En ocasiones, en nuestro estudio hemos podido encontrar, a una determinada altura dentro de la raíz, hasta 4 divisiones diferentes. Generalmente estas divisiones son de un calibre tan pequeño que a nivel clínico es imposible no sólo detectar su existencia, sino permeabilizarlas con instrumentos manuales o rotatorios. No obstante, en estos casos la instrumentación de los conductos principales suele

llevar a la desaparición de las mismas, reduciendo el número de conductos. Ambas pueden ser dos causas del menor porcentaje de conductos encontrado por los autores que utilizan otras metodologías en los estudios revisados en la literatura con respecto a los resultados que hemos obtenido mediante el uso de la imagen tridimensional.

Si comparamos nuestros resultados obtenidos con la CBCT con los resultados de Forner Navarro y cols. (2007), quienes utilizan una metodología similar a la nuestra, apreciamos una semejanza en cuanto al número de conductos en la raíz mesial de los M1 inferiores. En dos estudios in vitro diferentes, obtienen un 14.8% y un 12% de frecuencia de tres conductos en la raíz mesial. Nuestros resultados muestran un 17%. Esto nos hace plantearnos si los resultados alcanzados con otras metodologías son totalmente válidos, siempre teniendo en cuenta que no tenían los medios disponibles hoy en día. Probablemente el camino para investigar la morfología radicular interna sea continuar dentro del campo de las técnicas tridimensionales. A nuestro juicio, como una ventaja adicional frente a otras metodologías es que no se altera en ningún modo la estructura de las muestras y, dada la baja dosis de radiación de la CBCT, además plantea la posibilidad de realizar estudios in vivo. En este sentido, dentro de las publicaciones más recientes podemos encontrar artículos donde la CBCT ha sido utilizada en pacientes tanto para analizar la morfología de su sistema de conductos del M1 inferiores (Zhang y cols. 2011) como para la resolución de casos clínicos (Abella y cols. 2011).

En cuanto a la configuración del sistema de conductos en las raíces mesiales, los Tipos II y IV son los más frecuentes, de acuerdo a lo revisado en la literatura (**Tabla 4a**). El 39.6% de las raíces en nuestro estudio in vitro con CBCT, y el 35% en la literatura, presenta dos conductos que se unen en el tercio apical (tipo II de Vertucci), lo que supone una coincidencia cercana. La disposición tipo IV, dos conductos independientes, fue algo inferior a la literatura (52.3%), mostrando un 39.6% de aparición. La presencia de tres conductos independientes sólo se vio en una raíz, pero sí había raíces que contenían 3 conductos en su interior con otras configuraciones como son la 3-2, 2-3-1, 2-3-2 y 3-1-2, hasta alcanzar el 17% de las muestras.

Observando los datos de la **tabla 3**, vemos que los porcentajes de 3 conductos obtenidos por otros autores en la raíz mesial son inferiores a nuestros datos. Si nos centramos en estudios llevados a cabo por endodoncistas con experiencia, en cuyas metodologías vemos una secuencia sistemática de modificaciones en la raíz mesial con el objetivo de localizar conductos accesorios, la incidencia del conducto MC sigue

siendo variable. Pommeranz y cols. (1981) hablan de un 11.5% de incidencia, mientras que Fabra Campos (1985) obtiene un 2.8%. La diferencia radica en qué fase del tratamiento endodóntico ha sido seleccionada para determinar el número de conductos. Pommeranz y cols. (1985) contabilizan todos los orificios que localizan en la raíz mesial durante la apertura, y describen que algunos conductos MC, una vez instrumentados se llegaban a unir a uno de los conductos principales, adoptando éste una forma acintada. Todos esos casos se incluyeron dentro del porcentaje de raíces mesiales con tres conductos. Fabra Campos (1985) describe situaciones similares, pero sólo establece la presencia de un conducto MC si radiográficamente, una vez finalizado el tratamiento, es capaz de visualizarlo separado de los conductos MV y ML, al menos en su porción coronal.

En la parte clínica de nuestro trabajo, aún sin realizar ninguna acción específica durante la apertura en la raíz mesial, vemos dos raíces con tres conductos en su interior, lo que supone un 1,6% de incidencia. Después analizar los datos obtenidos in vitro, estamos proyectando un nuevo estudio in vivo con un protocolo diferente. En él, queremos introducir la magnificación del microscopio operatorio y el uso de ultrasonidos para modificar el acceso a las raíces de los M1 inferiores con dos conductos y buscar anatomías accesorias entre ellos.

Las diversas metodologías empleadas in vitro e in vivo dificultan en gran medida la comparación entre los estudios. La CBCT y la diafanización son técnicas tridimensionales; por lo tanto, podemos visualizar las raíces de los M1 inferiores desde cualquier ángulo. Sin embargo, in vivo, a pesar de utilizar diferentes proyecciones, quizá no seamos capaces de obtener una imagen proximal real que nos permita ver completamente la dimensión vestibulolingual. Todas las proyecciones radiográficas hechas en clínica se realizan desde la cara vestibular, pudiendo variar el ángulo de entrada del haz de rayos unos 30° hacia mesial o distal, pero no más allá para evitar producir distorsiones en las imágenes. La consecuencia derivada es que ciertos detalles anatómicos podrían pasar desapercibidos en las imágenes clínicas. También hemos tenido en cuenta al comparar los resultados, que los M1 inferiores analizados in vitro, presentaban su morfología interna intacta, mientras que las imágenes radiográficas obtenidas in vivo representan molares con tratamientos de conductos realizados. En este sentido, es posible que algunas configuraciones anatómicas que se aprecian in vitro puedan verse transformadas en otras configuraciones más sencillas tras la instrumentación rotatoria.

Cuando realizamos el estudio radiográfico con radiología digital queríamos comparar los resultados de una técnica de imagen tridimensional con una bidimensional, y para obtener una información más amplia de los molares estudiados realizamos tres proyecciones diferentes. Los resultados en la raíz mesial, con un 13% de molares de 3 conductos y algo más del 40% para las configuraciones de conductos II y IV, son muy semejantes a los obtenidos gracias a la CBCT (17% de raíces con 3 conductos y 39.6% de aparición de las configuraciones II y IV). Estos datos nos permiten afirmar que realizar tres proyecciones radiográficas de calidad, con una angulación de -30° , 0 y $+30^{\circ}$, nos ofrecen una información cercana a la tridimensionalidad. No obstante, clínicamente existen factores que dificultan en gran medida la obtención y lectura de las imágenes radiográficas. En un futuro, sería muy interesante poder realizar esta comparación entre radiología digital y CBCT in vivo.

En el estudio in vitro mediante el análisis de las radiografías realizadas variando el grado de incidencia del haz de rayos, hemos comprobado que podemos obtener una información real del sistema de conductos. Las diferencias con la parte clínica de nuestro trabajo son debidas a varios factores. Aunque las angulaciones radiográficas se pueden identificar claramente, la medida del ángulo (entre 15-30 grados) presenta las variaciones inherentes a un tratamiento clínico, donde se hace imposible el uso de goniómetro usado in vitro para determinar con exactitud la angulación de la proyección, pudiendo pasarnos desapercibida alguna variación morfológica. Hay además, otros factores que pueden complicar esta tarea. Por un lado, características propias del paciente como la apertura de boca, el reflejo nauseoso o la colaboración, dificultan la toma de radiografías. Por otro lado, los tejidos blandos y duros que rodean al diente entorpecen la visualización del interior radicular. Como resultado, es posible que pequeñas variaciones anatómicas existentes no se puedan visualizar radiográficamente.

El estudio de las radiografías realizadas in vivo para determinar el número de conductos de los molares endodonciados y la configuración de los mismos fue realizado por tres observadores y todos todos coincidieron en que han podido apreciar la distinta información que nos ofrecen las proyecciones opuestas. En algunos casos, cuando en una proyección distorradiaral parecía haber una confluencia de los conductos mesiales en la porción apical, al evaluar la proyección mesiorradial, vemos que son totalmente independientes, cada uno con su propio foramen apical. La impresión de los tres observadores, no analizada estadísticamente ni cuantificada, es que la proyección mesializada nos ofrece mayor información sobre la raíz distal y la parte apical de la raíz mesial, mientras que la proyección distalizada nos permite visualizar

de manera correcta la parte coronal y el tercio medio de los conductos en la raíz mesial.

La configuración del sistema de conductos en la raíz distal ofrece más variación. En primer lugar, in vitro hay una menor frecuencia de aparición de un conducto único (47.2% en nuestros resultados con CBCT, frente al 62.7% de la literatura (**Tabla 6a**); sin embargo, encontramos un aumento en la incidencia de otras complejas configuraciones. Probablemente la causa se deba a una mayor calcificación del interior de los conductos en las muestras de nuestro estudio. La mayoría de ellas, fueron extraídas por grandes caries, restauraciones defectuosas irreparables o por fracturas coronales, y muchos muestran signos claros de bruxismo prolongado. Todas estas agresiones acentúan el depósito de dentina en el interior de los conductos generando subdivisiones del conducto principal (Stock y Nehammer 1985, Peiris y cols. 2008).

En el análisis mediante CBCT hemos encontrado 3 configuraciones no descritas en la literatura:

- **1-3-2.** Apreciamos una raíz distal con la entrada a un único conducto, pero a medida que profundizamos hacia apical, se divide en 3. Cerca de la zona apical, dos de ellos se fusionan, terminando en dos forámenes apicales independientes.
- **2-3-2-1.** Una de las raíces distales presenta dos conductos que se dividen en 3; hacia el tercio medio dos de ellos se unen en un conducto que se fusiona al tercero en la parte apical, terminando todos en un foramen apical común.
- **2-4-3-1.** En una tercera raíz distal, encontramos la configuración más compleja de todas las raíces. Dos conductos se dividen en cuatro, luego se fusionan en tres y terminan uniéndose y compartiendo un único foramen apical.

Otra discrepancia de nuestros resultados con CBCT respecto a la literatura en la raíz D (**Tabla 6a**) es la baja frecuencia de la configuración Tipo II (un 5.7%, frente al 14.5% de la literatura), en contraste apreciamos un aumento de la configuración Tipo III (18.9% en nuestros resultados). Analizando otros estudios in vitro, vemos con frecuencia resultados similares a los nuestros (Gulabivala y cols. 2001, Gulabivala y cols. 2002), pero no si los comparamos con los estudios clínicos (Fabra Campos 1983, Fabra Campos 1985, Pattanshetti 2008). El problema es que cuando un conducto se divide en dos hacia el tercio medio, la única forma de poder obturarlo es realizar una instrumentación que ensanche la parte coronal y permita un acceso directo a cada uno de los conductos. La consecuencia derivada es que, clínicamente, todas las

configuraciones Tipo III (1-2-1), se convierten obligatoriamente en Tipo II (2-1) si observamos las radiografías finales de piezas con tratamiento de conductos realizado. Nuestros resultados clínicos avalan esta teoría, con sólo un 1.6% de incidencia de la configuración Tipo III frente al señalado 18.9% obtenido mediante CBCT.

El estudio radiológico digital *in vitro* nos ofrece variaciones similares en cuanto a la raíz distal. El porcentaje de un solo conducto (tipo I) es del 32.1%, claramente inferior al descrito por la literatura (62.7%) y al obtenido en la parte clínica de nuestro trabajo (71%). A cambio, obtenemos sistemas de conductos realmente complejos, con ramificaciones y uniones entre unos conductos y otros. Como ya apuntábamos, muchas veces este tipo de divisiones parten de un conducto único, en el que se ha ido formando dentina secundaria y originando la división del mismo en dos conductos o en configuraciones más complicadas. En ocasiones, unos conductos están tan cerca de otros que, seguramente, la instrumentación de los mismos, dará como resultado la visión final de un conducto único. Estas razones, además de la dificultad de poder visualizar la anatomía real de una raíz mediante una radiografía tomada desde la cara vestibular del molar podrían explicar dichas diferencias. De cualquier modo, en conjunto todas las técnicas *in vitro* empleadas nos han permitido comprobar que las raíces distales de los primeros molares permanentes inferiores albergan en su interior una complejidad del sistema de conductos mayor a lo reflejado habitualmente en las radiografías clínicas y a lo descrito en la literatura.

Dada la cantidad de información suministrada, sin alterar las muestras, la tecnología CBCT es de gran ayuda para evaluar la anatomía del sistema de conductos de los M1 inferiores *in vitro*. Puesto que la radiación que sufre el paciente está directamente relacionada con el volumen a escanear, estamos de acuerdo con Cotton y cols. (2007) en que existe la posibilidad de realizar también análisis morfológicos *in vivo* e introducir esta tecnología en la clínica, aunque actualmente pueda estar limitado su uso, concretamente en España, por motivos económicos. Corroborando esta tendencia, varios casos clínicos han situado a la CBCT como una herramienta diagnóstica de gran ayuda para solventar satisfactoriamente tratamientos endodónticos de dificultad elevada (La y cols. 2010, Kootor y cols. 2010a, Kootor y cols. 2010b). Estamos de acuerdo con Buchanan (2010), cuando afirma que el futuro próximo es utilizar la tecnología CBCT como método diagnóstico de rutina previo a todo tratamiento de conductos.

Finalmente la diafanización ha confirmado la compleja anatomía de los conductos radiculares que las imágenes bidimensionales y tridimensionales ya

apuntaban. Los resultados siguen la misma línea que la CBCT y la radiología digital, pero mostrando más detalle y precisión que las anteriores. Las diferencias obtenidas entre los resultados de la CBCT y la transparentización de las muestras no son estadísticamente significativas, pero como podemos ver en las **gráficas 3 y 4**, los M1 inferiores con 3 y 4 conductos manifiestan más variación. Es cierto que la CBCT aporta información tridimensional, y nos permite visualizar cortes en todos los planos del espacio y con cualquier angulación. No obstante, no consigue alcanzar la riqueza de detalles y la tridimensionalidad aportada por la diafanización, y de ahí la explicación a que hallemos configuraciones algo diferentes en algún caso y que los porcentajes no coincidan con exactitud. Quizá si se hiciese un estudio empleando la MCT, con una resolución mucho mayor, y la diafanización, los resultados hubiesen sido prácticamente idénticos. Pero la CBCT tiene una ventaja que jamás podremos conseguir con la diafanización y lo más probable es que tampoco con la MCT, y es la posibilidad de su uso clínico in vivo. Además, no debemos olvidar que las diafanizaciones fueron realizadas tras una modificación de la parte coronal de las raíces, hecho que también podría explicar diferencias en algunas configuraciones con respecto a la CBCT, donde la anatomía de las muestras estaba intacta.

Si comparamos los resultados de las muestras transparentes con los estudios que otros autores han realizado sobre anatomía del primer molar inferior con diafanización (Al-Qudah y Awawdeh 2009, Chen y cols. 2009, Rwenyonyi y cols. 2009, Sert y cols. 2004, Wasti y cols. 2001, Vertucci 1984), éstos difieren en gran medida siendo superiores al resto. La explicación puede ser que todos nuestros molares fueron sometidos a una apertura modificada y a una rigurosa búsqueda de las entradas posibles al sistema de conductos radicular. El resultado es una penetración de la tinta en zonas donde, de no haber eliminado dentina previamente, probablemente no hubiese sido posible su entrada. Estos datos, nos llevan a sugerir un cambio en la metodología de los futuros estudios y a proponer que todo estudio sobre la morfología interna del sistema de conductos mediante la técnica de diafanización debería ir precedido de una apertura capaz de permitir el acceso de la tinta a la totalidad de los conductos presentes.

5.3. Uso de ultrasonidos y magnificación en la apertura in vitro.

De acuerdo con la revisión bibliográfica, llevamos a cabo tres modificaciones en la apertura de todos los primeros molares permanentes inferiores que, posteriormente, iban a ser sometidos a la técnica de diafanización:

1. Ampliamos, en sentido vestíbulo-lingual, el tamaño del lado distal de la apertura cameral, para detectar la posible presencia de dos conductos distales, o un solo conducto de forma acintada.
2. Una vez localizados los dos conductos principales en la raíz mesial, eliminamos el murete de dentina que existe entre ambos y con fresas, ultrasonidos y microscopio profundizamos en el istmo presente hasta que éste desaparecía o encontrábamos un tercer conducto.
3. Si en la raíz distal hay dos conductos principales, realizamos la misma exploración que acabamos de describir en la raíz mesial.

Todo ello nos ha permitido comprobar que las modificaciones en el diseño de la apertura, unido al uso de ultrasonidos y microscopio aumenta la probabilidad de encontrar un tercer conducto en la raíz mesial. El microscopio también nos ayudó en ocasiones a localizar alguno de los conductos principales, que de entrada fue imposible permeabilizar. Nuestros resultados corroboran los publicados al respecto (De Carvalho y Zuolo 2000, Karapinar-Kazandag y cols. 2010). Coincidimos con la conclusión final cuando señalan que el uso del microscopio incrementa el número de conductos localizados en los M1 inferiores. Sin embargo, sus metodologías incorporan los ultrasonidos desde la primera fase de las aperturas, y después añaden el uso del microscopio. Nosotros hemos llevado a cabo la búsqueda de conductos en tres fases. Primero hemos trabajado sin ningún tipo de magnificación y sin la ayuda de los ultrasonidos. En una segunda fase hemos incorporado el uso de puntas ultrasónicas específicas para modificar las aperturas y, en una tercera fase, además de continuar usando ultrasonidos, hemos añadido la magnificación que nos aporta el microscopio operatorio. Con esta diferenciación en fases y el recuento independiente de conductos en cada una de ellas, finalmente hemos comprobado que el uso de ultrasonidos, sin magnificación, no aporta una ventaja estadísticamente significativa.

En la raíz mesial, De Carvalho y Zuolo (2000) obtienen una incidencia del 17% de raíces mesiales con tres conductos. Resultados similares encontramos en el

estudio de Karapinar-Kazandag y cols. (2010), con un 18.8%. Nuestros resultados muestran un incidencia mayor, que alcanza el 26.4%. La mayor frecuencia obtenida en nuestro trabajo puede explicarse si comparamos las metodologías. Vemos que De Carvalho y Zuolo (2000) utilizan el microscopio operatorio con un aumento máximo de x13, mientras que nosotros tenemos la opción de alcanzar x21, mejorando la visualización del área de trabajo. Karapinar-Kazandag y cols. (2010) montan todos los molares inferiores en unos simuladores de prácticas, para imitar en la medida de lo posible la posición del diente en la boca del paciente mientras llevan a cabo las aperturas. Nosotros realizamos todo el proceso con las muestras en la mano, lo que facilita el trabajo y permite una visión directa con el microscopio de la entrada a la raíz mesial. De cualquier modo, a pesar de las diferencias mencionadas, la conclusión que podemos extraer de estos tres trabajos es que la incidencia real del tercer conducto en la raíz mesial es superior a la media obtenida tras la revisión de la literatura (2.6%) como se muestra en la **tabla 3**. Según nuestros datos, uno de cada cuatro M1 inferiores presenta tres conductos en su raíz mesial. Para localizarlo, hemos de realizar las modificaciones oportunas en la apertura y ayudarnos de la magnificación que aporta al microscopio operatorio.

Queremos resaltar que en la raíz distal, una vez terminada la segunda fase de las aperturas, el número de conductos encontrados había disminuido con respecto al final de la primera fase. La explicación se debe a que inicialmente, algunos conductos distales fueron clasificados como dos conductos independientes, pero tras la aplicación de los ultrasonidos y la eliminación de dentina entre los dos orificios principales, se pudo comprobar que se trataba de un solo conducto distal con forma acintada y finalmente se clasificó como un único conducto. A la hora de contabilizar el número de conductos por raíz, no se hizo distinción entre conducto circular u ovalado, debido a la gran variedad de formas presentes en las muestras. Clínicamente, los conductos acintados de las raíces distales han de ser instrumentados como si fuesen dos o más conductos, pero radiográficamente aparecen como uno sólo.

5.4. Paralelismo estudios in vitro – in vivo.

Dadas la dificultades para comparar de forma adecuada nuestros estudios in vitro mediante técnicas tridimensionales frente al estudio in vivo con técnicas bidimensionales, pensamos que sería interesante realizar una agrupación de las configuraciones halladas in vitro para intentar establecer una equivalencia que permita comparar los resultados obtenidos con diversas metodologías.

Para ello, hemos unido en el mismo grupo aquellas configuraciones in vitro que, vistas en una radiografía clínica podrían ofrecer una imagen similar. Por ejemplo, si nos fijamos en la **tabla 32**, las configuraciones 2-2 y 2-1-2, pueden llegar a tener la misma imagen radiográfica si no conseguimos ver la unión entre los dos conductos principales, o si ésta existe pero clínicamente no se ha rellenado lo suficiente con cemento sellador como para ofrecer la radiopacidad necesaria que permita visualizarla en una radiografía. También hemos reunido aquellas configuraciones que radiográficamente pueden ser muy similares porque el elevado número de conductos no permita observarlos separados en una radiografía clínica, como las configuraciones 3-2, 3-3 y 3-1-2.

Las **tablas 32 y 33** muestran este paralelismo relacionando los datos obtenidos in vitro mediante CBCT con los datos del estudio clínico in vivo en la raíz mesial y la distal, respectivamente.

Las **tablas 34 y 35** reflejan una comparación similar pero entre los datos de las diafanizaciones in vitro y la parte clínica del estudio, también separados entre la raíz mesial y la distal.

En todas las tablas podemos visualizar los porcentajes de las configuraciones agrupadas y compararlos con la incidencia de la configuración correspondiente de las imágenes clínicas.

Realizamos entonces un nuevo análisis estadístico donde comparamos en primer lugar las tres técnicas (CBCT, diafanización y resultados in vivo). Como era de esperar, si hemos realizado una agrupación coherente de las configuraciones in vitro, no hallamos diferencias estadísticamente significativas (D.E.S.) entre la CBCT y la diafanización. No obstante, sí que volvemos a encontrar D.E.S. entre la parte in vitro del estudio y la parte in vivo, tanto en la raíz mesial, como en la distal.

Posteriormente realizamos un análisis estadístico de cada una de las configuraciones de forma independiente, para ver dónde están realmente las discrepancias. Puesto que en la CBCT no se han efectuado aperturas de las muestras, hemos realizado esta última comparación sólo entre los resultados de las diafanizaciones frente a los resultados in vivo. Vemos entonces para la raíz mesial que ya no hay D.E.S. en las configuraciones 2-1 y 2-3-2. Donde sí permanecen las diferencias es en la configuración 2-2, con una menor incidencia in vitro, y en la 3-1, con una mayor incidencia in vitro. Estos resultados concuerdan con las apreciaciones que veníamos haciendo sobre el uso del microscopio operatorio. El hecho de que in vitro hallemos un mayor porcentaje de conductos en la raíz mesial pensamos que está directamente relacionado con el uso de la magnificación y la facilidad de realizar las aperturas con los dientes en la mano, a diferencia de la situación clínica, donde numerosos factores dependientes del paciente nos van a dificultar el trabajo.

En cuanto a la raíz distal, sólo permanecen las D.E.S. en las configuraciones 1-1 y 1-2-1. Como ya hemos señalado anteriormente, es lógico que in vivo, la configuración 1-2-1 sea prácticamente inexistente, pues la instrumentación de la parte coronal de la raíz la va a transformar en una disposición 2-1 o 1-1. La única diferencia notable radica en la eleva incidencia de la configuración 1-1 en los resultados in vivo. Pensamos que la dificultad radiográfica de visualizar pequeñas divisiones entre los conductos y la instrumentación con movimientos de cepillado e instrumentos ultrasónicos son posibles explicaciones. Como se ha demostrado en este trabajo, aunque el uso del microscopio facilita la visualización de los orificios en el suelo de la cámara pulpar no tiene tanta importancia en la localización de conductos en la raíz distal. Si observamos las imágenes radiográficas, vemos que la mayoría de los conductos distales únicos están centrados en la raíz y poseen una amplia dimensión vestibulo-lingual, hecho que no sugiere la presencia de ningún otro conducto y facilita su localización. Seguramente, si pudiésemos extraer esas raíces y hacer radiografías desde proximal, veríamos que muchas de las configuraciones 1-1, son realmente más complejas y están compuestas por dos o más conductos principales con anastomosis entre ellas en diversos puntos de la raíz.

5.5. Repercusión clínica de los resultados.

En la revisión bibliográfica hemos observado que la raíz mesial ha ido captando cada vez más el interés de los investigadores. Desde las primeras publicaciones sobre la existencia del conducto mesiocentral (Barker y cols. 1974, Vertucci y Williams 1974) numerosos autores se han esforzado por esclarecer su incidencia real y su disposición dentro del sistema de conductos en esta raíz (**tabla 5**). La introducción del microscopio operatorio para aumentar las posibilidades de localizarlo (De Carvalho y Zuolo 2000) y de las técnicas tridimensionales para visualizar su morfología (Forner Navarro y cols. 2007) han sacado a la luz nuevas cifras sobre su incidencia, logrando que la presencia de un conducto MC pase de ser una anomalía anatómica causal, a una entidad que sistemáticamente debemos intentar localizar en cada tratamiento de conductos de un M1 inferior. Varias publicaciones relacionan su omisión durante una endodoncia con el fracaso en dicho tratamiento (Weine 1982, Castelucci 2004, West 2006) y en la **figura 22** mostramos un caso clínico ilustrando esta situación.

Pero en ocasiones no vamos a encontrar un conducto MC independiente desde la cámara pulpar, que podamos instrumentar y obturar, si no que a lo largo de la raíz mesial, puede haber uniones entre los conductos MV y ML, a los que no tenemos acceso desde coronal. Aunque nuestra investigación no aporta datos sobre los istmos, la revisión de la literatura ha demostrado que son muy frecuentes en las raíces de los M1 inferiores con más de un conducto principal (**tabla 7**) y que el fallo en su correcta limpieza y obturación tridimensional puede originar un fracaso en el tratamiento de conductos (Von Arx 2005). Por esta razón, de acuerdo con la tendencia actual pensamos que es necesario otorgar elevada importancia a la irrigación, con el objetivo de conseguir desinfectar aquellas áreas del sistema de conductos inaccesibles a la instrumentación. No obstante, Susin y cols. (2010), concluyen que aun utilizando los sistemas más modernos de irrigación actuales es imposible limpiar completamente los istmos de las raíces mesiales de M1 inferiores.

La forma de la apertura en los M1 inferiores ha cambiado, desde un diseño traapezoidal, con el lado mesial más ancho que el distal, hacia una forma rectangular para aumentar el lado distal en sentido vestibulo-lingual facilitando el acceso a los conductos de la raíz distal. En la parte clínica de nuestro estudio la mayor parte de los molares con la necesidad de repetir un tratamiento existente, presentaban deficiencias en la apertura que, una vez corregidas, permitieron el acceso a un segundo conducto distal o a un conducto único de forma acintada, cuya limpieza previa era deficiente y

posiblemente estaba originando el fracaso del tratamiento previo. La diafanización de las muestras in vitro permite visualizar que la incidencia de raíces distales con más de un conducto principal supera el 50%. Puesto que el uso del microscopio no tiene tanta influencia para localizarlos, nuestra atención debe estar enfocada en realizar las modificaciones necesarias de la apertura, para obtener un acceso completo sistema de conductos distal. Krasner y Rankow (2004) definieron varias leyes acerca de las aperturas de los molares inferiores, destacando la ley de simetría. De acuerdo con ella, si encontramos un único conducto distal, tenga la forma que tenga, éste ha de permanecer centrado con respecto a los conductos principales de la raíz mesial. Por ello, no debemos conformarnos con encontrar uno o dos orificios de entrada a la raíz distal, si éstos se encuentran desplazados hacia vestibular o lingual con respecto a la raíz mesial, porque seguramente nuestra apertura esté incompleta y estemos omitiendo la presencia de otro conducto (**figura 30**).

In vitro, la realización de tres proyecciones radiográficas con diferentes angulaciones, puede permitirnos obtener una información real de la disposición del sistema de conductos en los M1 inferiores in vitro. Clínicamente, varios factores dificultan obtener esa información. La alternativa, ya disponible hoy en día con un costo económico razonable y una dosis de radiación asumible, es el uso de la CBCT. Algunos endodoncistas ya han incorporado esta tecnología en su clínica y sugieren que dentro de poco realizaremos un estudio tridimensional de cada diente previo a la realización de un tratamiento de conductos en él (Buchanan 2010). Nuestros resultados in vitro demuestran que la tecnología “cone-beam” es capaz de reflejar la anatomía real del sistema de conductos en los M1 inferiores. Publicaciones de reciente aparición ya emplean esta tecnología in vivo tanto para la resolución de casos clínicos complejos (La y cols. 2010) como para analizar la morfología interna del M1 inferior (Wang y cols. 2010).

6. CONCLUSIONES

1. La CBCT es una tecnología válida para el estudio del sistema de conductos, capaz de reflejar la anatomía interna de los primeros molares permanentes inferiores in vitro.
2. La CBCT ofrece una elevada resolución en sus imágenes, empleando una baja dosis de radiación, permitiendo su uso clínico para evaluar el sistema de conductos radicular in vivo.
3. In vitro, la realización de tres proyecciones radiográficas con una angulación de $\pm 30^\circ$ en el plano horizontal, nos permite obtener una información precisa de la disposición del sistema de conductos en los primeros molares permanentes inferiores.
4. Para localizar todos los conductos en el primer molar permanente inferior, la apertura cameral debe tener forma rectangular, con el lado distal tan ancho como el mesial.
5. In vitro, un 26.4% de las raíces mesiales estudiadas presentaba tres orificios de entrada en la cámara pulpar. Para localizar todos los conductos, el acceso en la raíz mesial debe ser modificado mediante el uso de ultrasonidos y bajo la magnificación del microscopio operatorio.
6. Si la raíz distal posee dos conductos principales, también se debe modificar su entrada, ante la posibilidad de que exista un tercer conducto. En el acceso a la raíz distal, ni el uso de ultrasonidos ni del microscopio operatorio, demostraron ofrecer una ventaja estadísticamente significativa.
7. In vitro, las configuraciones de conductos más frecuentes en la raíz mesial son la 2-1 y la 2-2, con cerca del 30% de incidencia cada una. Hasta en un 34% de los molares, la raíz mesial presentaba tres conductos en su interior, adoptando diferentes disposiciones.

8. In vitro, la complejidad de la raíz distal es mayor a lo reflejado en la literatura. Un conducto único presenta una incidencia del 40%. Las configuraciones con dos conductos muestran una incidencia del 40%, y en un 20% se observaron configuraciones con tres conductos.
9. In vivo, las configuraciones más frecuentes en la raíz mesial siguen siendo la 2-1 y la 2-2; en la raíz distal, la 1-1. La incidencia de sistemas radiculares con tres conductos es menor a los resultados obtenidos in vitro, debido principalmente a la transformación de complejas configuraciones en otras más sencillas, tras la instrumentación e irrigación de las mismas.
10. El primer molar inferior permanente puede presentar tres raíces. En caso de hacerlo, la raíz accesoria generalmente está ubicada en distolingual. Su frecuencia, con una media del 13.8% en la población mundial está ligada a la población de estudio, llegándose a considerar una variante anatómica normal en las razas de origen mongoloide.
11. Esta tercera raíz tiene en el 100% de los casos un conducto único. Su adecuado tratamiento requiere modificaciones en la apertura y en la instrumentación. Se debe ampliar el acceso cameral rectangular hacia una forma trapezoidal en el ángulo distolingual para localizar su entrada.
12. La frecuencia de istmos en el primer molar permanente inferior alcanza el 50% en la raíz mesial y el 20% en la distal. Debido a su mayor frecuencia en el tercio medio, se deben tener en cuenta no sólo durante el tratamiento ortógrado, sino también durante la cirugía perirradicular.
13. Las complejas configuraciones de los sistemas de conductos en el primer molar inferior descritas en este trabajo, junto a la elevada frecuencia de istmos, sugieren que deberíamos mejorar nuestra irrigación, para intentar conseguir una correcta limpieza o desinfección de aquellas áreas anatómicas donde la instrumentación no alcance a trabajar.

7. BIBLIOGRAFÍA

Abella F, Mercadé M, Duran-Sindreu F, Roig M (2011) Managing severe curvature of radix entomolaris: three-dimensional analysis with cone beam computed tomography. *International Endodontic Journal* **44**, 876-885.

Ahmed HA, Abu-bark NH, Yahia NA, Ibrahim E (2007) Root and canal morphology of permanent mandibular molars in a Sudanese population. *International Endodontic Journal* **40**, 766-771.

Al-Nazhan S (1999) Incidence of four canals in root-canal-treated mandibular first molars in a Saudi Arabian sub-population. *International Endodontic Journal* **32**, 49-52.

Al-Qudah AA, Awawdeh LA (2009) Root and canal morphology of mandibular first and second molar teeth in a Jordanian population. *International Endodontic Journal* **42**, 775-784.

Al-Shammari KF, Kazor CE, Wang HL (2001) Molar root anatomy and management of furcation defects. *Journal of Clinical Periodontology* **28**, 730-740.

Aprile H, Figún ME, Garino RR (1975). *Anatomía odontológica orocervicofacial*. Buenos Aires, Argentina: El Ateneo, p. 271.

Arnheiter C, Scarfe WC, Farman AG (2006) Trends in maxillofacial cone-beam computed tomography usage. *Oral Radiology* **22**, 80-85.

Arora S, Tewari S (2009) The morphology of the apical foramen in posterior teeth in a North Indian population. *International Endodontic Journal* **42**, 930-939.

Ash MM y Nelson SJ (2010) *Wheeler anatomía, fisiología y oclusión dental*, 9ª edn. Barcelona, España: Elsevier, pp. 189-230.

Baldassari-Cruz LA, Lilly JP, River EM (2002) The influence of dental operating microscope in locating the mesiobuccal canal orifice. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics* **93**, 190-194.

Baratto Filho F, Zaitter S, Haragushiku GA, De Campos EA, Abuabara A, Correr GM (2009) Analysis of the internal anatomy of maxillary first molars by using different methods. *Journal of Endodontics* **35**, 337-342.

Barker BC, Parsons KC, Mills PR, Williams GL (1974) Anatomy of root canals. III. Permanent mandibular molars. *Australian Dental Journal* **19**, 408-413.

Barletta FB, Dotto SR, Reis M, Ferreira R, Colho RM (2007) Mandibular molar with five root canals. *Australian Endodontic Journal* **34**, 129-132.

Barnett F (1986) Mandibular molar with C-shaped canal. *Endodontics and Dental Traumatology* **2**, 79-81.

Barone C, Dao TT, Basrani BB, Wang N, Friedman S (2010) Treatment outcome in endodontics: the Toronto study--phases 3, 4, and 5: apical surgery. *Journal of Endodontics* **36**, 28-35.

Baugh D, Wallace J (2004) Middle mesial canal of the mandibular first molar: a case report and literature review. *Journal of Endodontics* **30**, 185-186.

Baumann MA, Doll GM (1997) Spatial reproduction of the root canal system by magnetic resonance microscopy. *Journal of Endodontics* **23**, 49-51.

Beatty RG, Interian CM (1985) A mandibular first molar with five canals: report of case. *Journal of the American Dental Association* **111**, 769-771.

Beatty RG, Krell K (1987) Mandibular molars with five canals: report of two cases. *Journal of the American Dental Association* **114**, 802-804.

Berutti E, Fedon G (1992) Thickness of cementum/dentin in mesial roots of mandibular first molars. *Journal of Endodontics* **18**, 545-548.

Blaskovic-Subat V, Maricic B, Sutalo J (1992) Asymmetry of the root canal foramen. *International Endodontic Journal* **25**, 158-164.

Blattner TC, George N, Lee CC, Kumar V, Yelton CD (2010) Efficacy of cone-beam computed tomography as a modality to accurately identify the presence of second mesiobuccal canals in maxillary first and second molars: a pilot study. *Journal of Endodontics* **36**, 867-870.

Bolger WL, Schindler WG (1988) A mandibular first molar with a C-shaped root configuration. *Journal of Endodontics* **14**, 515-519.

Bond JL, Hartwell GR, Donnelly JC, Portell FR (1988) Clinical management of middle mesial root canals in mandibular molars. *Journal of Endodontics* **14**, 312-314.

Bramante CM, Berbert A, Borges RP (1987) A methodology for evaluation of root canal instrumentation. *Journal of Endodontics* **13**, 243-245.

Brooks SL (1993) Computed tomography. *Dental Clinics of North America* **37**, 575-590.

Buchanan LS (2010) Endodontic treatment planning in the fourth dimension. *Dentistry Today* **29**, 104, 106, 108 passim.

Burch JG, Hulen S (1974) A study of the presence of accessory foramina and the topography of molar furcations. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics* **38**, 451-455.

Burleson A, Nusstein J, Reader A, Beck M (2007) The in vivo evaluation of hand/rotary/ultrasound instrumentation in necrotic, human mandibular molars. *Journal of Endodontics* **33**, 782-787.

Burns RC, Herbranson EJ (2002) Morfología del diente y preparación cavitaria. In Cohen S, Burns RC, eds. *Vías de la pulpa*, 8ª edn. Madrid, España: Elsevier, p. 206.

Calberson FL, De Moor RJ, Deroose CA (2007) The radix entomolaris and paramolaris: clinical approach in endodontics. *Journal of Endodontics* **33**, 58-63.

Caliskan MK, Pehlivan Y, Sepetcioglu F, Turkun M, Tuncer SS (1995) Root canal morphology of human permanent teeth in a Turkish population. *Journal of Endodontics* **21**, 200-204.

Carlsen O, Alexandersen V (1990) Radix entomolaris: identification and morphology. *Scandinavian Journal of Dental Research* **98**, 363-373.

Carlsen O, Alexandersen V (1991) Radix paramolaris in permanent mandibular molars: identification and morphology. *Scandinavian Journal of Dental Research* **99**, 189-195.

Castelucci A (2004) *Endodontics*, 2nd edn. Florencia, Italia: Ediciones Odontológicas El Tridente, pp. 297-298.

Chandra SS, Rajasekaran M, Shankar P, Indira R (2009) Endodontic management of a mandibular first molar with three distal canals confirmed with the aid of spiral computerized tomography: a case report. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics* **108**, e77-81.

Chen YC, Lee YY, Pai SF, Yang SF (2009a) The morphologic characteristics of the distolingual roots of mandibular first molars in a Taiwanese population. *Journal of Endodontics* **35**, 643-645.

Chen G, Yao H, Tong C (2009b) Investigation of the root canal configuration of mandibular first molars in a Taiwan Chinese population. *International Endodontic Journal* **42**, 1044-1049.

Cimilli H, Mumcu G, Cimilli T, Kartal N, Wesselink P (2006) The correlation between root canal patterns and interorifical distance in mandibular first molars. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics* **102**, e16-21.

Cleghorn BM, Christie WH, Dong CCS (2006) Root and root canal morphology of the human permanent maxillary first molar: a literature review. *Journal of Endodontics* **32**, 813-821.

Cleghorn BM, Christie WH, Dong CC (2007a) The root and root canal morphology of the human mandibular first premolar: a literature review. *Journal of Endodontics* **33**, 509-516.

Cleghorn BM, Christie WH, Dong CCS (2007b) The root and canal morphology of the human mandibular second premolar: a literature review. *Journal of Endodontics* **33**, 1031-1037.

Cotton TP, Geisler TM, Holden DT, Schwartz SA, Schindler WG (2007) Endodontic applications of cone-beam volumetric tomography. *Journal of Endodontics* **33**, 1121-1132.

Cranin AN, Cranin SL (1957) Endodontic treatment of the mandibular first molar. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics* **10**, 210-215.

Cunningham CJ, Senia ES (1992) A three-dimensional study of canal curvatures in the mesial roots of mandibular molars. *Journal of Endodontics* **18**, 294-300.

Curzon ME (1974) Miscegenation and the prevalence of three-rooted mandibular first molars in the Baffin Eskimo. *Community Dentistry and Oral Epidemiology* **2**, 130-131.

Curzon ME (1973) Three rooted mandibular permanent molars in English Caucasians. *Journal of Dental Research* **52**, 181.

Curzon ME, Curzon JA (1971) Three-rooted mandibular molars in the Keewatin Eskimo. *Journal of Canadian Dental Association* **37**, 71-72

Dammaschke T, Witt M, Ott K, Schafer E (2004) Scanning electron microscopic investigation of incidence, location, and size of accessory foramina in primary and permanent molars. *Quintessence International* **35**, 699-705.

Danforth RA, Dus I, Mah J (2003) 3-D volume imaging for dentistry: a new dimension. *Journal of the California Dental Association* **31**, 817-823.

De Carvalho MC, Zuolo ML (2000) Orifice locating with a microscope. *Journal of Endodontics* **26**, 532-534.

De Chevigny C, Dao TT, Basrani BR y cols. (2008a) Treatment outcome in endodontics: the Toronto study--phases 3 and 4: orthograde retreatment. *Journal of Endodontics* **34**, 131-137.

De Chevigny C, Dao TT, Basrani BR y cols. (2008b) Treatment outcome in endodontics: the Toronto study--phase 4: initial treatment. *Journal of Endodontics* **34**, 258-263.

De Gregorio C, Estevez R, Cisneros R, Paranjpe A, Cohenca N (2010) Efficacy of different irrigation and activation systems on the penetration of sodium hypochlorite into simulated lateral canals and up to working length: an in vitro study. *Journal of Endodontics* **36**, 1216-1221.

De Moor RJ, Deroose CA, Calberson FL (2004) The radix entomolaris in mandibular first molars: an endodontic challenge. *International Endodontic Journal* **37**, 789-799.

De Pablo OV, Estevez R, Péix Sánchez M, Heilborn C, Cohenca N (2010) Root anatomy and canal configuration of the permanent mandibular first molar: a systematic review. *Journal of Endodontics* **36**, 1919-1931.

De Pablo OV, Díaz-Sánchez C, Tejedor-Bautista B, Cisneros R (2008) Evaluación de dos localizadores electrónicos de ápice: estudio in vitro. *Endodoncia* **26**, 140-147.

De Paula-Silva FW, Wu MK, Leonardo MR, da Silva LA, Wesselink PR (2009) Accuracy of periapical radiography and cone-beam computed tomography scans in diagnosing apical periodontitis using histopathological findings as a gold standard. *Journal of Endodontics* **35**, 1009-1012.

De Souza-Freitas JA, Lopes ES, Casati-Alvares L (1971) Anatomic variations of lower first permanent molar roots in two ethnic groups. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics* **31**, 274-278.

DeGroot ME, Cunningham CJ (1997) Mandibular molar with 5 canals: report of a case. *Journal of Endodontics* **23**, 60-62.

Eder A, Kantor M, Nell A y cols. (2006) Root canal system in the mesiobuccal root of the maxillary first molar: an in vitro comparison study of computed tomography and histology. *Dentomaxillofacial Radiology* **35**, 175-177.

Esponda Vila R (1994) *Anatomía dental*. Méjico, D.F., Méjico: Universidad Nacional Autónoma de Méjico. pp: 285-302.

Fabra-Campos H (1983) The problem of lower first molars in endodontic treatment. *Revista Española de Endodoncia* **1**, 135-153.

Fabra-Campos H (1985) Unusual root anatomy of mandibular first molars. *Journal of Endodontics* **11**, 568-572.

Fabra-Campos H (1989) Three canals in the mesial root of mandibular first permanent molars: a clinical study. *International Endodontic Journal* **22**, 39-43.

Fan B, Pan Y, Gao Y, Fang F, Wu Q, Gutmann JL (2010) Three-dimensional morphologic analysis of isthmuses in the mesial roots of mandibular molars. *Journal of Endodontics* **36**, 1866-1869

Faramarzi F, Fakhri H, Javaheri HH (2010) Endodontic treatment of a mandibular first molar with three mesial canals and broken instrument removal. *Australian Endodontic Journal* **36**, 39-41.

Farzaneh M, Abitbol S, Lawrence HP, Friedman S (2004a) Treatment outcome in endodontics-the Toronto Study. Phase II: initial treatment. *Journal of Endodontics* **30**, 302-309.

Farzaneh M, Abitbol S, Friedman S (2004b) Treatment outcome in endodontics: the Toronto study. Phases I and II: Orthograde retreatment. *Journal of Endodontics* **30**, 627-633.

Ferraz JA, Pecora JD (1992) Three-rooted mandibular molars in patients of Mongolian, Caucasian and Negro origin. *Brazilian Dental Journal* **3**, 113-117.

Figún ME, Garino RR (2001) *Anatomía odontológica: funcional y aplicada*. Buenos Aires, Argentina: El Ateneo, pp: 245-247.

Fornier Navarro L, Luzi A, Almenar García A, Hervás García A (2007) Third canal in the mesial root of permanent mandibular first molars. Review of the literature and presentation of 3 clinical reports and 2 in vitro studies. *Medicina Oral Patología Oral y Cirugía Bucal* **12**, 605-609.

Frederiksen NL, Benson BW, Sokolowski TW (1994) Effective dose and risk assessment from film tomography used for dental implant diagnostics. *Dentomaxillofacial Radiology* **23**, 123-127.

Friedman S, Abitol S, Lawrence HP (2003) Treatment outcome in endodontics: the Toronto Study. Phase 1: initial treatment. *Journal of Endodontics* **29**, 787-793.

Friedman S, Moshonov J, Stabholz A (1986) Five root canals in a mandibular first molar. *Endodontics and Dental Traumatology* **2**, 226-228.

Furri, M (2008) Differences in the confluence of the mesial canals in mandibular molar teeth with three or four root canals. *International Endodontic Journal* **41**, 777-780.

Furri M, Tocchio C, Bonaccorso A, Tripi TR, Cantatore G (2007) Apical canal confluency in mandibular molars. *Endo* **1**, 53-59.

Gaite-García JJ, Guinea-Baroja E, Ellacuría-Etxebarria J, Triana-Triana R, Cearra P (1997) Conductos laterales en el área de la furca de los molares inferiores. *Endodoncia* **15**, 124-130.

Garg AK, Tewari RK, Kumar A, Hashmi SH, Agrawal N, Mishra SK (2010) Prevalence of three-rooted mandibular permanent first molars among the Indian Population. *Journal of Endodontics* **36**, 1302-1306.

Garrido-Martínez M (1999) Lesión en la furca de un primer molar inferior de etiología endodóntica. *Endodoncia* **17**, 183-187.

Ghoddusi J, Naghavi N, Zarei M, Roheni E (2007) Mandibular first molar with four distal canals. *Journal of Endodontics* **33**, 1481-1483.

Goering AC, Michelich R, Schultz HH (1982) Instrumentation of root canals in molar using the step-down technique. *Journal of Endodontics* **8**, 550-554.

Goldstein E, Gottlieb MA (1973) Taurodontism: familial tendencies demonstrated in eleven of fourteen case reports. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics* **36**, 131-44

Green D (1973) Double canals in single roots. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics* **35**, 689-696.

Green D, Brooklyn NY (1955) Morphology of the pulp cavity of the permanent teeth. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics* **8**, 743-759.

Gu L, Wei X, Ling J, Huang X (2009) A microcomputed tomographic study of canal isthmuses in the mesial root of mandibular first molars in a Chinese population. *Journal of Endodontics* **35**, 353-356.

Gu Y, Lu Q, Wang H, Ding Y, Wang P, Ni L (2010a) Root canal morphology of permanent three-rooted mandibular first molars - Part I: Pulp floor and root canal system. *Journal of Endodontics* **36**, 990-994

Gu Y, Lu Q, Wang P, Ni L (2010b) Root canal morphology of permanent three-rooted mandibular first molars - Part II: Measurement of root canal curvatures. *Journal of Endodontics* **36**, 1341-1346.

Gu Y, Zhou P, Ding Y, Wang P, Ni L (2011) Root canal morphology of permanent three-rooted mandibular first molars - Part III: An odontometric analysis. *Journal of Endodontics* **37**, 485-490.

Gulabivala K, Aung TH, Alavi A, Ng YL (2001) Root and canal morphology of Burmese mandibular molars. *International Endodontic Journal* **34**, 359-370.

Gulabivala K, Opasanon A, Ng YL, Alavi A (2002) Root and canal morphology of Thai mandibular molars. *International Endodontic Journal* **35**, 56-62.

Gutarts R, Nusstein J, Reader A, Beck M (2005) In vivo debridement efficacy of ultrasonic irrigation following hand-rotary instrumentation in human mandibular molars. *Journal of Endodontics* **31**, 166-170.

Hamasha AA, Al-Khateeb T, Darwazeh A (2002) Prevalence of dilaceration in Jordanian adults. *International Endodontic Journal* **35**, 910-912.

Hartwell G, Bellizzi R (1982) Clinical investigation of in vivo endodontically treated mandibular and maxillary molars. *Journal of Endodontics* **8**, 555-557.

Hasselgren G, Nellestam P, Bynum-Hasselgren RM (1987) Teeth with transparent roots--an improved teaching aid for preclinical endodontics. *Journal of Endodontics* **13**, 126-127.

Hasselgren G, Tronstad L (1975) The use of transparent teeth in the teaching of preclinical endodontics. *Journal of Endodontics* **1**, 278-280.

Haznedaroğlu F, Ersev H, Odabaşı H y cols. (2003) Incidence of patent furcal accessory canals in permanent molars of a Turkish population. *International Endodontic Journal* **36**, 515-519.

Hess W (1921) Formation of root canals in human teeth. *Journal of the National Dental Association* **8**, 704-734.

Hochstetter RL (1975) Incidence of trifurcated mandibular first permanent molars in the population of Guam. *Journal of Dental Research* **54**, 1097.

Holtzmann L (1997) Root canal treatment of a mandibular first molar with three mesial root canals. *International Endodontic Journal* **30**, 422-423.

Hounsfield N (1973) Computerized transverse axial scanning (tomography). Description of system. *The British Journal of Radiology* **46**, 1016-1022.

Hsu YY, Kim S (1997) The resected root surface. The issue of canal isthmuses. *Dental Clinics of North America* **41**, 529-540.

Huang RY, Lin CD, Lee MS y cols. (2007) Mandibular disto-lingual root: a consideration in periodontal therapy. *Journal of Periodontology* **78**, 1485-1490.

Huang CC, Chang YC, Chuang MC y cols. (2010a). Evaluation of root and canal systems of mandibular first molars in taiwanese individuals using cone-beam computed tomography. *Journal of the Formosan Medical Association* **109**, 303-308.

Huang RY, Cheng WC, Chen CJ y cols. (2010b) Three-dimensional analysis of the root morphology of mandibular first molars with distolingual roots. *International Endodontic Journal* **43**, 478-484.

Ibarrola JL, Chapman BL, Howard JH, Knowles KI, Ludlow MO (1999) Effect of preflaring or Root ZX apex locators. *Journal of Endodontics* **25**, 625-626.

Ioannidis K, Lambrianidis T, Beltes P, Besi E, Malliari M (2011) Endodontic management and cone-beam computed tomography evaluation of seven maxillary and mandibular molars with single roots and single canals in a patient. *Journal of Endodontics* **37**, 103-109.

Iqbal MK, Maggiore F, Suh B, Edwards KR, Kang J, Kim S (2003) Comparison of apical transportation in four Ni-Ti rotary instrumentation techniques. *Journal of Endodontics* **29**, 587-591.

Iqbal M, Chan S, Ku J (2008a) Relative frequency of teeth needing conventional and surgical endodontic treatment in patients treated at a graduate endodontic clinic--a Penn Endo database study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics* **106**, 62-67.

Iqbal M, Shukovsky DG, Wong S, Vohra G. (2008b) A nonsurgical endodontics relational research database: the initial six years of experience. *Journal of Dental Education* **72**, 1058-1066.

Jacobsen EL, Dick K, Bodell R (1994) Mandibular first molars with multiple mesial canals. *Journal of Endodontics* **20**, 610-613.

Jensen SA, Walker TL, Huntter JW, Nicoll BK (1999) Comparison of the cleaning efficacy of passive sonic activation and passive ultrasonic activation after hand instrumentation in molar root canals. *Journal of Endodontics* **25**, 735-738.

Jerome CE, Hanlon RJ Jr (2007) Dental anatomical anomalies in Asians and Pacific Islanders. *Journal of the California Dental Association* **35**, 631-636.

Joseph M (2008) Endodontic treatment in three taurodontic teeth associated with 48,XXXY Klinefelter syndrome: a review and case report. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics* **105**, 670-677.

Jung IY, Seo MA, Fouad AF y cols. (2005) Apical anatomy in mesial and mesiobuccal roots of permanent first molars. *Journal of Endodontics* **31**, 364-368.

Karapinar-Kazandag M, Basrani BR, Friedman S (2010) The operating microscope enhances detection and negotiation of accessory mesial canals in mandibular molars. *Journal of Endodontics* **8**, 1289-1294.

Kartal N, Cimilli HK (1997) The degrees and configurations of mesial canal curvatures of mandibular first molars. *Journal of Endodontics* **23**, 358-362.

Kimura Y, Matsumoto K (2000) Mandibular first molar with three distal root canals. *International Endodontic Journal* **33**, 468-470.

Kontakiotis EG, Tzanetakakis GN (2007) Four canals in the mesial root of a mandibular first molar. A case report under the operating microscope. *Australian Endodontic Journal* **33**, 84-88.

Kottoor J, Sudha R, Velmurugan N (2010a) Middle distal canal of the mandibular first molar: a case report and literature review. *International Endodontic Journal* **43**, 714-722.

Kottoor J, Velmurugan N, Sudha R, Hemamalathi S (2010b) Maxillary first molar with seven root canals diagnosed with cone-beam computed tomography scanning: a case report. *Journal of Endodontics* **36**, 915-921.

Krasner P, Rankow HJ (2004). Anatomy of the pulp-chamber floor. *Journal of Endodontics* **30**, 5-16.

Kuttler S, Garala M, Perez R, Dorn SO (2001) The endodontic cube: a system designed for evaluation of root canal anatomy and canal preparation. *Journal of Endodontics* **27**, 533-536.

La SH, Jung DH, Kim EC, Min KS (2010) Identification of independent middle mesial canal in mandibular first molar using cone-beam computed tomography imaging. *Journal of Endodontics* **36**, 542-545.

Lecomber AR, Yoneyama Y, Lovelock DJ, Hosoi T, Adams AM (2001) Comparison of patient dose from imaging protocols for dental implant planning using conventional radiography and computed tomography. *Dentomaxillofacial Radiology* **30**, 255-259.

Lee SJ, Jang KH, Spangberg LS y cols. (2006) Three-dimensional visualization of a mandibular first molar with three distal roots using computer-aided rapid prototyping. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics* **101**, 668-674.

Lee JH, Kim KD, Lee JK y cols. (2011) Mesio Buccal root canal anatomy of Korean maxillary first and second molars by cone-beam computed tomography. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics* **111**, 785-791.

Loh HS (1990) Incidence and features of three-rooted permanent mandibular molars. *Australian Dental Journal* **35**, 434-437.

Ludlow JB, Davies-Ludlow LE, Brooks SL, Howerton WB (2006) Dosimetry of 3 CBCT devices for oral and maxillofacial radiology: CB Mercuray, NewTom 3G and i-CAT. *Dentomaxillofacial Radiology* **35**, 219-226.

Maggiore C, Gallottini L, Resi JP (1998) Mandibular first and second molar. The variability of roots and root canal system. *Minerva Stomatology* **47**, 409-416.

Mah JK, Danforth RA, Bumann A, Hatcher D (2003) Radiation absorbed in maxillofacial imaging with a new dental computed tomography device. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics* **96**, 508-513.

Malčić A, Jukić S, Brzović V, Miletić I, Pelivan I, Anić I (2006) Prevalence of root dilaceration in adult dental patients in Croatia. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics* **102**, 104-109.

Mannocci F, Peru M, Sherriff M, Cook R, Pitt Ford TR (2005) The isthmuses of the mesial root of mandibular molars: a micro-computed tomographic study. *International Endodontic Journal* **38**, 558-563.

Marquis VL, Dao T, Farzaneh M, Abitbol S, Friedman S (2006) Treatment outcome in endodontics: the Toronto Study. Phase III: initial treatment. *Journal of Endodontics* **32**, 299-306.

Marroquin BB, El-Sayed MA, Willershausen-Zonnchen B (2004) Morphology of the physiological foramen: I. Maxillary and mandibular molars. *Journal of Endodontics* **30**, 321-328.

Martínez-Berna A, Badanelli P (1983) Investigación clínica de molares inferiores con cinco conductos. *Boletín de Información Dental* **43**, 27-41.

Martínez-Berna A, Badanelli P (1985) Mandibular first molars with six root canals. *Journal of Endodontics* **11**, 348-352.

Martínez-Lozano MA, Forner-Navarro L, Sánchez-Cortés JL (1999) Analysis of radiologic factors in determining premolar root canal systems. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics* **88**, 719-722.

Matherne RP, Angelopoulos C, Kulid JC, Tira D (2008) Use of cone-beam computed tomography to identify root canal systems in vitro. *Journal of Endodontics* **34**, 87-89.

McCabe PS (2005) The middle mesial canal of mandibular first molars. *Journal of Irish Dent Association* **51**, 73-75.

Melsen B, Terp S (1982) The influence of extractions caries cause on the development of malocclusion and need for orthodontic treatment. *Swedish Dental Journal. Supplement.* **15**, 163-169.

Mena CA (1971) Taurodontism. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics* **32**, 812-823.

Michetti J, Maret D, Mallet JP, Diemer F (2010) Validation of cone beam computed tomography as a tool to explore root canal anatomy. *Journal of Endodontics* **36**, 1187-1190.

Mickel AK, Chogle S, Bingham R, Self M, Bogle J (2007) A correlation study of occlusal and pulp chamber anatomy: the mandibular first molar. *General Dentistry* **55**, 221-223.

Miloglu O, Cakici F, Caglayan F, Yilmaz AB, Demirkaya F (2010) The prevalence of root dilacerations in a Turkish population. *Medicina oral, patología oral y cirugía bucal* **15**, e441-444.

Min KS (2004) Clinical management of a mandibular first molar with multiple mesial canals: a case report. *The journal of Contemporary Dental Practice* **5**, 1-4.

Misch CE (1999) Endosteal implants for posterior single tooth replacement: alternatives, indications, contraindications, and limitations. *Journal of Oral Implantology* **25**, 80-94.

Moreira CR, Sales MA, Lopes PM, Cavalcanti MG (2009) Assessment of linear and angular measurements on three-dimensional cone-beam computed tomographic images. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics* **108**, 430-436.

Morfis A, Sylaras SN, Georgopoulou M, Kernani M, Prountzos F (1994) Study of the apices of human permanent teeth with the use of a scanning electron microscope. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics* **77**, 172-176.

Mortman RE, Ahn S (2003) Mandibular first molars with three mesial canals. *General Dentistry* **51**, 549-551.

Neelakantan P, Subbarao C, Subbarao CV (2010a) Comparative evaluation of modified canal staining and clearing technique, cone-beam computed tomography, peripheral quantitative computed tomography, spiral computed tomography, and plain and contrast medium-enhanced digital radiography in studying root canal morphology. *Journal of Endodontics* **36**, 1547-1551.

Neelakantan P, Subbarao C, Ahuja R, Subbarao CV, Gutmann JL (2010b) Cone-beam computed tomography study of root and canal morphology of maxillary first and second molars in an Indian population. *Journal of Endodontics* **36**, 1622-1627.

Nielsen R, Alyassin A, Peters D (1995). Microcomputed tomography: an advanced system for detailed endodontic research. *Journal of Endodontics* **21**, 561-568.

Okeson JP (2003) *Tratamiento de oclusión y afecciones temporomandibulares*. Madrid, España: Elsevier, p: 70.

Okumura T (1927) Anatomy of the root canals. *Journal of the American Dental Association* **14**, 632-639.

Onda S, Minemura R, Masaki T, Funatsu S (1989) Shape and number of the roots of the permanent molar teeth. *The Bulletin of Tokyo Dental College* **30**, 221-231.

Pacheco MC, Ruiz de Temiño P, Kessler F, Orts MT (1989) Ultrasonidos en endodoncia. Mecanismo de acción. *Revista Española de Endodoncia* **7**, 7-12.

Patel S, Rhodes J (2007) A practical guide to endodontic access cavity preparation in molar teeth. *British Dental Journal* **203**, 133-140.

Patel S (2009) New dimensions in endodontic imaging: Part 2. Cone beam computed tomography. *International Endodontic Journal* **42**, 463-475.

Pattanshetti N, Gaidhane M, Al Kandari AM (2008) Root and canal morphology of the mesiobuccal and distal roots of permanent first molars in a Kuwait population – a clinical study. *International Endodontic Journal* **41**, 755-762.

Peiris R, Takahashi M, Sasaki K, Kanazawa E (2007) Root and root canal morphology of permanent mandibular molars in a Sri Lankan population. *Odontology* **95**, 16-23.

Peiris HR, Pitakotuwage TN, Takahashi M, Sasaki K, Kanazawa E (2008) Root canal morphology of mandibular permanent molars at different ages. *International Endodontic Journal* **41**, 828-835.

Peters OA, Laib A, Rueggeger P, Barbakow F (2000) Three-dimensional analysis of root canal geometry by high-resolution computed tomography. *Journal of Dental Research* **79**, 1405-1409.

Pineda F, Kuttler Y (1972) Mesiodistal and buccolingual roentgenographic investigation of 7,275 root canals. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics* **33**, 101-110.

Plotino G, Grande NM, Pecci R, Bedini R, Pameijer CH, Somma F (2006) Three-dimensional imaging using microcomputed tomography for studying tooth macromorphology. *Journal of the American Dental Association* **137**, 1555-1561.

Pomeranz HH, Eidelman DL, Goldberg MG (1981) Treatment considerations of the middle mesial canal of mandibular first and second molars. *Journal of Endodontics* **7**, 565-568.

Prabhu NT, Munshi AK (1995) Additional distal root in permanent mandibular first molars: report of a case. *Quintessence International* **26**, 567-569.

Quackenbush LE (1986) Mandibular molar with three distal root canals. *Endodontics and Dental Traumatology* **2**, 48-49.

Radel RT, Goodell GG, McClanahan SB, Cohen ME (2006) In vitro radiographic determination of distances from working length files to root ends comparing Kodak RVG 6000, Schick CDR, and Kodak insight film. *Journal of Endodontics* **32**, 566-568.

Rao A, Arathi R (2006) Taurodontism of deciduous and permanent molars: report of two cases. *Journal of the Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry* **24**, 42-44.

Reeh ES (1998) Seven canals in a lower first molar. *Journal of Endodontics* **24**, 497-499.

Reeh ES, ElDeeb M (1990) Rapid furcation involvement associated with a devitalizing mandibular first molar. A case report. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics* **69**, 95-98.

Reichart PA, Metah D (1981) Three-rooted permanent mandibular first molars in the Thai. *Community Dentistry and Oral Epidemiology* **9**, 191-192.

Reuben J, Velmurugan N, Kandaswamy D (2008) The evaluation of root canal morphology of the mandibular first molar in an indian population using spiral computed tomography scan: An in vitro study. *Journal of Endodontics* **34**, 212-215.

Ribeiro FC, Consolaro A (1997) Importancia clínica y antropologica de la raíz distolingual en los molares inferiores permanentes. *Endodoncia* **15**, 72-78.

Rice RT, Gilbert BO Jr (1987) An unusual canal configuration in a mandibular first molar. *Journal of Endodontics* **13**, 513-515.

Ricucci D (1997) Three independent canals in the mesial root of a mandibular first molar. *Endodontics and Dental Traumatology* **13**, 47-49.

Riojas Garza MT (2009) *Anatomía dental*, 2ª edn. Méjico, D.F., Méjico: El Manual Moderno, pp: 78-83.

Roane JB, Sabala CL, Duncanson MG (1985) The “balance force” concept for instrumentation of curved canals. *Journal of Endodontics* **11**, 203-211.

Robb RA, Sinak LJ, Hoffman EA, Kinsey JH, Harris LD, Ritman EL (1982) Dynamic volume imaging of moving organs. *Journal of Medical Systems* **6**, 539-554.

Robertson D, Leeb IJ, Mckee M, Brewer E (1980) A clearing technique for the study of root canal systems. *Journal of Endodontics* **8**, 421-424.

Rocha LF, Sousa Neto MD, Fidel SR, da Costa WF, Pecora JD (1996) External and internal anatomy of mandibular molars. *Brazilian Dental Journal* **7**, 33-40.

Rwenyonyi CM, Kutesa A, Muwazi LM, Buwembo W (2009) Root and canal morphology of mandibular first and second permanent molar teeth in a Ugandan population. *Odontology* **97**, 92-96.

Sachdeva GS, Ballal S, Gopikrishna V, Kandaswamy D (2008) Endodontic management of a mandibular second premolar with four roots and four root canals with the aid of spiral computed tomography: a case report. *Journal of Endodontics* **34**, 104-107.

Scarfe WC, Levin MD, Gane D, Farman AG (2009) Use of cone beam computed tomography in endodontics. *International Journal of Dentistry* **2009:634567**, 20 páginas.

Schäfer E, Breuer D, Janzen S (2009) The prevalence of three-rooted mandibular permanent first molars in a German population. *Journal of Endodontics* **35**, 202-205.

Schilder H (1967) Filling root canals in three dimensions. *Dental Clinics of North America*, 723-744.

Schilder H (1974) Cleaning and shaping the root canal. *Dental Clinics of North America* **18**, 269-296.

Schneider SW (1971) A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics* **32**, 271-275.

Schulze D, Heiland M, Thurman H, Adam G (2004) Radiation exposure during midfacial imaging using 4- and 16- slice computed tomography, cone beam computed tomography systems and conventional radiography. *Dentomaxillofacial Radiology* **33**, 83-86.

Segura-Egea JJ, Jimenez-Pinzon A, Rios-Santos JV (2002) Endodontic therapy in a 3-rooted mandibular first molar: importance of a thorough radiographic examination. *Journal of the Canadian Dental Association* **68**, 541-544.

Sert S, Aslanalp V, Tanalp J (2004) Investigation of the root canal configurations of mandibular permanent teeth in the Turkish population. *International Endodontic Journal* **37**, 494-499.

Simonton JD, Azevedo B, Schindler WG, Hargreaves KM (2009) Age- and gender-related differences in the position of the inferior alveolar nerve by using cone beam computed tomography. *Journal of Endodontics* **35**, 944-949.

Skidmore AE, Bjorndal AM (1971) Root canal morphology of the human mandibular first molar. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics* **32**, 778-784.

Sleiman P (2007) The trap of the mesial root of mandibular molars. *Giornale Italiano di Endodonzia* **21**, 231-235.

Slowey RR (1979) Root canal anatomy. Road map to successful endodontics. *Dental Clinics of North America* **23**, 555-573.

Soares IJ, Goldberg F (2002) *Endodonzia: Técnica y fundamentos*. Buenos Aires, Argentina: Editorial Médica Panamericana, pp. 21-33.

Somogyi-Csimazia W, Simmons AJ (1971) Three-rooted mandibular first molars in Alberta Indian children. *Journal of the Canadian Dental Association* **37**, 105-106.

Song JS, Kim SO, Choi BJ, Choi HJ, Son HK, Lee JH (2009) Incidence and relationship of an additional root in the mandibular first permanent molar and primary molars. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics* **107**, e56-60.

Song JS, Choi HJ, Jung IY, Jung HS, Kim SO (2010) The prevalence and morphologic classification of distolingual roots in the mandibular molars in a Korean population. *Journal of Endodontics* **36**, 653-657.

Sperber GH, Moreau JL (1998) Study of the number of roots and canals in Senegalese first permanent mandibular molars. *International Endodontic Journal* **31**, 117-122.

Steelman R (1986) Incidence of an accessory distal root on mandibular first permanent molars in Hispanic children. *American Society of Dentistry for Children* **53**, 122-123.

Stock CJ, Nehammer CF (1985) Negotiation of obstructed canals; bleaching of teeth. *British Dental Journal* **158**, 457-462.

Stroner WF, Remeikis NA, Carr GB (1984) Mandibular first molar with three distal canals. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics* **57**, 554-557.

Suárez-Feito RM, Nuño-Mateo F, Fernández-Mondragón MP, Cueto-Suárez M, Peña-López JM, Fernández-Terán A (1995) Distribución de los conductos radiculares en los dientes de los asturianos. *Endodoncia* **13**, 115-122.

Susin L, Liu Y, Yoon JC, Parente JM, Loushine RJ, Ricucci D, Bryan T, Weller RN, Pashley DH, Tay FR (2010) Canal and isthmus debridement efficacies of two irrigant agitation techniques in a closed system. *International Endodontic Journal* **43**, 1077-1090.

Swartz DB, Skidmore AE, Griffin JA Jr (1983) Twenty years of endodontic success and failure. *Journal of Endodontics* **9**, 198-202.

Tachibana H, Matsumoto K (1990) Applicability of x-ray computerized tomography in endodontics. *Endodontics and Dental Traumatology* **6**, 16-20.

Teixeira FB, Sano CL, Gomes BP, Zaia AA, Ferraz CC, Souza-Filho FJ (2003) A preliminary in vitro study of the incidence and position of the root canal isthmus in maxillary and mandibular first molars. *International Endodontic Journal* **36**, 276-280.

Tiku A, Damle SG, Nadkarni UM, Kalaskar RR (2003) Hyperturodontism in molars and premolars: management of two rare cases. *Journal of the Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry* **21**, 131-134.

Tratman EK (1938) Three-rooted lower molars in man and their racial distribution. *British Dental Journal* **64**, 264-274.

Tsesis I, Steinbock N, Rosenberg E, Kaufman AY (2003) Endodontic treatment of developmental anomalies in posterior teeth: treatment of geminated/fused teeth--report of two cases. *International Endodontic Journal* **36**, 372-379.

Tsiklakis K, Donta C, Gavala S, Karayianni K, Kamenopoulou V, Hourdakis CJ (2005) Dose reduction in maxillofacial imaging using low dose Cone Beam CT. *European Journal of Radiology* **56**, 413-417.

Tu M-G, Tsai C-Ch, Jou M-J y cols. (2007) Prevalence of three-rooted mandibular first molars among Taiwanese individuals. *Journal of Endodontics* **33**, 1163-1166.

Tu MG, Huang HL, Hsue SS y cols. (2009) Detection of permanent three-rooted mandibular first molars by cone-beam computed tomography imaging in taiwanese individuals. *Journal of Endodontics* **35**, 503-507.

Vertucci FJ (1984) Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics* **58**, 589-599.

Vertucci FJ, Anthony RL (1986) A scanning electron microscopic investigation of accessory foramina in the furcation and pulp chamber floor of molar teeth. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics* **62**, 319-326.

Vertucci FJ (2005) Root canal morphology and its relationship to endodontic procedures. *Endodontic Topics* **10**, 3-29.

Vertucci FJ, Haddix JE, Britto LR (2008) The morphology and access cavity preparation. En: Cohen S, Hargreaves KM, Karl K. *Vías de la Pulpa*, 9ª edn. Madrid, España: Elsevier, pp. 148-232.

Vertucci FJ, Williams RG (1974) Furcation canals in the human mandibular first molar. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics* **38**, 308-314.

Villegas JC, Yoshioka T, Kobayashi C, Suda H (2004) Frequency of transverse anastomoses with and without apical communication in Japanese population teeth. *Australian Endodontic Journal* **30**, 50-52.

Von Arx T, Montagne D, Lussi A (2003) Diagnostic accuracy of endoscopy in periradicular surgery - a comparison with scanning electron microscopy. *International Endodontic Journal* **36**, 691-699.

Von Arx T (2005) Frequency and type of canal isthmuses in first molars detected by endoscopic inspection during periradicular surgery. *International Endodontic Journal* **38**, 160-168.

Wada M, Takase T, Nakanuma K, Arisue K, Nagahama F, Yamazaki M (1998) Clinical study of refractory apical periodontitis treated by apicectomy. Part 1. Root canal morphology of resected apex. *International Endodontic Journal* **31**, 53-56.

Walker RT (1988) Root form and canal anatomy of mandibular first molars in a southern Chinese population. *Endodontics and Dental Traumatology* **4**, 19-22.

Walker RT, Quackenbush LE (1985) Three-rooted lower first permanent molars in Hong Kong Chinese. *British Dental Journal* **159**, 298-299.

Walton RE, Torabinejad M (1996) *Principles and Practice of Endodontics*. 2nd edn. Philadelphia, USA: W.B. Saunders Co, p. 208.

Wang N, Knight K, Dao T, Friedman S (2004) Treatment outcome in endodontics-The Toronto Study. Phases I and II: apical surgery. *Journal of Endodontics* **30**, 751-761.

Wang Y, Zheng QH, Zhou XD y cols. (2010) Evaluation of the root and canal morphology of mandibular first permanent molars in a western Chinese population by cone-beam computed tomography. *Journal of Endodontics* **36**, 1786-1789.

Wasti F, Shearer AC, Wilson NH (2001) Root canal systems of the mandibular and maxillary first permanent molar teeth of south Asian Pakistanis. *International Endodontic Journal* **34**, 263-266.

Wayman BE, Patten JA, Dazey SE (1994) Relative frequency of teeth needing endodontic treatment in 3350 consecutive endodontic patients. *Journal of Endodontics* **20**, 399-401.

Weine FS, Healey HJ, Gerstein H, Evanson I (1969) Canal configuration in the mesiobuccal root of the maxillary first molar and its endodontic significance. *Oral surgery, Oral Medicine, and Oral Pathology* **28**, 419-425.

Weine FS (1982) Case report: three canals in the mesial root of a mandibular first molar. *Journal of Endodontics* **8**, 517-520.

West J (2006) Endodontic update 2006. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry* **18**, 280-300.

Whaites E (2008) *Fundamentos de radiología dental*. Barcelona, España: Elsevier, pp. 233.

Winter AA, Pollack AS, Frommer HH, Koenig L (2005) Cone beam volumetric tomography vs medical CT scanners. *New York State Dental Journal* **71**, 28-33.

Wiseman A, Cox TC, Paranjpe A, Flake NM, Cohenca N, Johnson JD (2011) Efficacy of sonic and ultrasonic activation for removal of calcium hydroxide from mesial canals of mandibular molars: a microtomographic study. *Journal of Endodontics* **37**, 235-238.

Woelfel JB, Scheid RC (1998) *Anatomía dental: Aplicaciones clínicas*. Barcelona, España: Masson, pp. 239-302.

Wu MK, R'oris A, Barkis D, Wesselink PR (2000) Prevalence and extent of long oval canals in the apical third. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics* **89**, 739-743.

Yang Y, Zhang LD, Ge JP, Zhu YQ (2010) Prevalence of 3-rooted first permanent molars among a Shanghai Chinese population. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics* **110**, e98-101.

Yesilsoy C, Gordon W, Porras O, Hoch B (2002) Observation of depth and incidence of the mesial groove between the mesiobuccal and mesiolingual orifices in mandibular molars. *Journal of Endodontics* **28**, 507-509.

Yesilsoy C, Porras O, Gordon W (2009) Importance of third mesial canals in mandibular molars: report of two cases. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics* **108**, e55-58.

Yew SC, Chan K (1993) A retrospective study of endodontically treated mandibular first molars in a Chinese population. *Journal of Endodontics* **19**, 471-473.

Yoshioka T, Kobayashi C, Suda H (2002) Detection rate of root canal orifices with a microscope. *Journal of Endodontics* **28**, 452-453.

Younes SA, al-Shammery AR, el-Angbawi MF (1990) Three-rooted permanent mandibular first molars of Asian and black groups in the Middle East. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics* **69**, 102-105.

Yu DC, Tam A, Schilder H (2006) Root canal anatomy illustrated by microcomputed tomography and clinical cases. *General Dentistry* **54**, 331-335.

Zaatar EI, al-Kandari AM, Alhomaidah S, al-Yasin IM (1997) Frequency of endodontic treatment in Kuwait: radiographic evaluation of 846 endodontically treated teeth. *Journal of Endodontics* **23**, 453-456.

Zaatar EI, al Anizi SA, al Duwairi Y (1998) A study of the dental pulp cavity of mandibular first permanent molars in the Kuwaiti population. *Journal of Endodontics* **24**, 125-127.

Zhang R, Wang H, Tian YY, Yu X, Hu T, Dummer PM (2011) Use of cone-beam computed tomography to evaluate root and canal morphology of mandibular molars in Chinese individuals. *International Endodontic Journal* **44**, 990-999.

8. ANEXO

8.1. Documentación estadística.

8.1.1. Documentación del punto 4.7.1. Comparación entre las técnicas in vitro.

a. Comparación entre las tres técnicas in vitro.

```
+-----+
| Key   |
+-----+
| frequency |
| row percentage |
+-----+
```

```
Enumerating sample-space combinations:
stage 5: enumerations = 1
stage 4: enumerations = 6
stage 3: enumerations = 44
stage 2: enumerations = 1179
stage 1: enumerations = 0
```

	grupo	3 conductos	4 conductos	5 conductos	6 conductos	7 conductos
Total						
53	cbct	22	14	15	1	1
100.00		41.51	26.42	28.30	1.89	1.89
52	difanización	13	23	12	3	1
100.00		25.00	44.23	23.08	5.77	1.92
53	in vitro	16	24	11	1	1
100.00		30.19	45.28	20.75	1.89	1.89
158	Total	51	61	38	5	3
100.00		32.28	38.61	24.05	3.16	1.90

Fisher's exact = 0.400

```
. tab grupo conductos if grupo !=1, row exact
```

b. Comparación entre la diafanización y las radiografías digitales in vitro.

```
+-----+
| Key |
+-----+
| frequency |
| row percentage |
+-----+
```

Enumerating sample-space combinations:

```
stage 5: enumerations = 1
stage 4: enumerations = 1
stage 3: enumerations = 3
stage 2: enumerations = 7
stage 1: enumerations = 0
```

	grupo	3 conduct	4 conduct	5 conduct	6 conduct	7 conduct
Total						
difanización		13	23	12	3	1
52		25.00	44.23	23.08	5.77	1.92
100.00						
in vitro		16	24	11	1	1
53		30.19	45.28	20.75	1.89	1.89
100.00						
Total		29	47	23	4	2
105		27.62	44.76	21.90	3.81	1.90
100.00						

Fisher's exact = 0.892

```
. tab grupo conductos if grupo !=2, row exact
```

c. Comparación entre la CBCT y las radiografías digitales in vitro.

```
+-----+
| Key   |
+-----+
|  frequency  |
| row percentage |
+-----+
```

```
Enumerating sample-space combinations:
stage 5: enumerations = 1
stage 4: enumerations = 2
stage 3: enumerations = 4
stage 2: enumerations = 18
stage 1: enumerations = 0
```

	grupo	3 conduct	4 conduct	5 conduct	6 conduct	7 conduct
Total						
cbct	53	22	14	15	1	1
	100.00	41.51	26.42	28.30	1.89	1.89
in vitro	53	16	24	11	1	1
	100.00	30.19	45.28	20.75	1.89	1.89
Total	106	38	38	26	2	2
	100.00	35.85	35.85	24.53	1.89	1.89

Fisher's exact = 0.298

. tab grupo conductos if grupo !=3, row exact

d. Comparación entre la CBCT y la diafanización.

```

+-----+
| Key      |
+-----+
| frequency|
| row percentage|
+-----+

```

```

Enumerating sample-space combinations:
stage 5: enumerations = 1
stage 4: enumerations = 3
stage 3: enumerations = 14
stage 2: enumerations = 81
stage 1: enumerations = 0

```

	grupo	3 conductos	4 conductos	5 conductos	6 conductos	7 conductos
Total						
53	cbct	22	14	15	1	1
100.00		41.51	26.42	28.30	1.89	1.89
52	diafanización	13	23	12	3	1
100.00		25.00	44.23	23.08	5.77	1.92
105	Total	35	37	27	4	2
100.00		33.33	35.24	25.71	3.81	1.90

Fisher's exact = 0.179

```
. tab grupo conductos_1, row exact
```

e. Comparación entre las tres técnicas en la categoría de 3 conductos.

```
+-----+
| Key      |
+-----+
| frequency|
| row percentage|
+-----+
```

Enumerating sample-space combinations:

stage 3: enumerations = 1

stage 2: enumerations = 10

stage 1: enumerations = 0

grupo	conductos_1		Total
	0	1	
cbct	31 58.49	22 41.51	53 100.00
difanización	39 75.00	13 25.00	52 100.00
in vitro	37 69.81	16 30.19	53 100.00
Total	107 67.72	51 32.28	158 100.00

Fisher's exact = 0.204

. tab grupo conductos_1 if grupo !=1, row exact

f. Comparación entre la diafanización y la CBCT en la categoría 3 conductos.

```
+-----+
| Key      |
+-----+
| frequency|
| row percentage|
+-----+
```

grupo	conductos_1		Total
	0	1	
difanización	39 75.00	13 25.00	52 100.00
in vitro	37 69.81	16 30.19	53 100.00
Total	76 72.38	29 27.62	105 100.00

Fisher's exact = 0.663

1-sided Fisher's exact = 0.354

. tab grupo conductos_1 if grupo !=2, row exact

g. Comparación entre la CBCT y las radiografía digitales in vitro para la categoría de 3 conductos.

```

+-----+
| Key |
+-----+
| frequency |
| row percentage |
+-----+

      grupo |      conductos_1
              0      1 |      Total
-----+-----+-----+
      cbct |      31      22 |      53
              |      58.49      41.51 |      100.00
-----+-----+-----+
      in vitro |      37      16 |      53
              |      69.81      30.19 |      100.00
-----+-----+-----+
      Total |      68      38 |      106
              |      64.15      35.85 |      100.00

      Fisher's exact =      0.311
      1-sided Fisher's exact =      0.156

. tab grupo conductos_1 if grupo !=3, row exact

```

h. Comparación entre la CBCT y la diafanización para la categoría de 3 conductos.

```

+-----+
| Key |
+-----+
| frequency |
| row percentage |
+-----+

      grupo |      conductos_1
              0      1 |      Total
-----+-----+-----+
      cbct |      31      22 |      53
              |      58.49      41.51 |      100.00
-----+-----+-----+
      difanización |      39      13 |      52
              |      75.00      25.00 |      100.00
-----+-----+-----+
      Total |      70      35 |      105
              |      66.67      33.33 |      100.00

      Fisher's exact =      0.098
      1-sided Fisher's exact =      0.056

. tab grupo conductos_2, row exact

```

i. Comparación entre las tres técnicas para la categoría de 4 conductos.

```

+-----+
| Key    |
+-----+
|  frequency  |
| row percentage |
+-----+

```

Enumerating sample-space combinations:

stage 3: enumerations = 1

stage 2: enumerations = 13

stage 1: enumerations = 0

grupo	conductos_2		Total
	0	1	
cbct	39 73.58	14 26.42	53 100.00
difanización	29 55.77	23 44.23	52 100.00
in vitro	29 54.72	24 45.28	53 100.00
Total	97 61.39	61 38.61	158 100.00

Fisher's exact = 0.085

. tab grupo conductos_2 if grupo !=1, row exact

j. Comparación entre la diafanización y las radiografías digitales in vitro para la categoría de 4 conductos.

```

+-----+
| Key    |
+-----+
|  frequency  |
| row percentage |
+-----+

```

grupo	conductos_2		Total
	0	1	
difanización	29 55.77	23 44.23	52 100.00
in vitro	29 54.72	24 45.28	53 100.00
Total	58 55.24	47 44.76	105 100.00

Fisher's exact = 1.000

1-sided Fisher's exact = 0.535

. tab grupo conductos_2 if grupo !=2, row exact

k. Comparación entre la CBCT y las radiografías digitales in vitro para la categoría de 4 conductos.

```

+-----+
| Key |
+-----+
| frequency |
| row percentage |
+-----+

      grupo |      conductos_2
              0      1 |      Total
-----+-----+-----+
      cbct |      39      14 |      53
              |      73.58      26.42 |      100.00
-----+-----+-----+
      in vitro |      29      24 |      53
              |      54.72      45.28 |      100.00
-----+-----+-----+
      Total |      68      38 |      106
              |      64.15      35.85 |      100.00

      Fisher's exact =      0.068
      1-sided Fisher's exact =      0.034

. tab grupo conductos_2 if grupo !=3, row exact

```

l. Comparación entre la CBCT y la diafanización para la categoría de 4 conductos.

```

+-----+
| Key |
+-----+
| frequency |
| row percentage |
+-----+

      grupo |      conductos_2
              0      1 |      Total
-----+-----+-----+
      cbct |      39      14 |      53
              |      73.58      26.42 |      100.00
-----+-----+-----+
      diafanización |      29      23 |      52
              |      55.77      44.23 |      100.00
-----+-----+-----+
      Total |      68      37 |      105
              |      64.76      35.24 |      100.00

      Fisher's exact =      0.068
      1-sided Fisher's exact =      0.044

. tab grupo conductos_3 , row exact

```

m. Comparación entre las tres técnicas in vitro para la categoría de 5 conductos.

```
+-----+
| Key   |
+-----+
| frequency |
| row percentage |
+-----+
```

Enumerating sample-space combinations:

stage 3: enumerations = 1

stage 2: enumerations = 4

stage 1: enumerations = 0

grupo	conductos_3		Total
	0	1	
cbct	38 71.70	15 28.30	53 100.00
difanización	40 76.92	12 23.08	52 100.00
in vitro	42 79.25	11 20.75	53 100.00
Total	120 75.95	38 24.05	158 100.00

Fisher's exact = 0.674

. tab grupo conductos_3 if grupo !=1, row exact

n. Comparación entre la difanización y las radiografías digitales in vitro para la categoría de 5 conductos.

```
+-----+
| Key   |
+-----+
| frequency |
| row percentage |
+-----+
```

grupo	conductos_3		Total
	0	1	
difanización	40 76.92	12 23.08	52 100.00
in vitro	42 79.25	11 20.75	53 100.00
Total	82 78.10	23 21.90	105 100.00

Fisher's exact = 0.817

1-sided Fisher's exact = 0.479

. tab grupo conductos_3 if grupo !=2, row exact

o. Comparación entre la CBCT y las radiografías digitales in vitro para la categoría de 5 conductos.

```

+-----+
| Key |
+-----+
| frequency |
| row percentage |
+-----+

      grupo |      conductos_3
              0      1 |      Total
-----+-----+-----+
      cbct |      38      15 |      53
              71.70  28.30 |      100.00
-----+-----+-----+
      in vitro |      42      11 |      53
              79.25  20.75 |      100.00
-----+-----+-----+
      Total |      80      26 |      106
              75.47  24.53 |      100.00

      Fisher's exact =      0.499
      1-sided Fisher's exact =      0.249

. tab grupo conductos_3 if grupo !=3, row exact

```

p. Comparación entre la CBCT y la diafanización para la categoría de 5 conductos.

```

+-----+
| Key |
+-----+
| frequency |
| row percentage |
+-----+

      grupo |      conductos_3
              0      1 |      Total
-----+-----+-----+
      cbct |      38      15 |      53
              71.70  28.30 |      100.00
-----+-----+-----+
      diafanización |      40      12 |      52
              76.92  23.08 |      100.00
-----+-----+-----+
      Total |      78      27 |      105
              74.29  25.71 |      100.00

      Fisher's exact =      0.656
      1-sided Fisher's exact =      0.349

. tab grupo conductos_4 , row exact

```

q. Comparación entre las tres técnicas in vitro para la categoría de 6 conductos.

```
+-----+
| Key      |
|-----|
| frequency|
| row percentage|
+-----+
```

Enumerating sample-space combinations:

stage 3: enumerations = 1

stage 2: enumerations = 2

stage 1: enumerations = 0

grupo	conductos_4		Total
	0	1	
cbct	52 98.11	1 1.89	53 100.00
difanización	49 94.23	3 5.77	52 100.00
in vitro	52 98.11	1 1.89	53 100.00
Total	153 96.84	5 3.16	158 100.00

Fisher's exact = 0.452

. tab grupo conductos_4 if grupo !=1, row exact

r. Comparación entre la diafanización y las radiografías digitales in vitro para la categoría de 6 conductos.

```
+-----+
| Key      |
|-----|
| frequency|
| row percentage|
+-----+
```

grupo	conductos_4		Total
	0	1	
difanización	49 94.23	3 5.77	52 100.00
in vitro	52 98.11	1 1.89	53 100.00
Total	101 96.19	4 3.81	105 100.00

Fisher's exact = 0.363

1-sided Fisher's exact = 0.302

. tab grupo conductos_4 if grupo !=2, row exact

s. Comparación entre la CBCT y las radiografías digitales in vitro para la categoría de 6 conductos.

```

+-----+
| Key    |
+-----+
|  frequency  |
| row percentage |
+-----+

```

grupo	conductos_4		Total
	0	1	
cbct	52	1	53
	98.11	1.89	100.00
in vitro	52	1	53
	98.11	1.89	100.00
Total	104	2	106
	98.11	1.89	100.00

```

Fisher's exact = 1.000
1-sided Fisher's exact = 0.752

```

```

. tab grupo conductos_4 if grupo !=3, row exact

```

t. Comparación entre la CBCT y la diafanización para la categoría de 6 conductos.

```

+-----+
| Key    |
+-----+
|  frequency  |
| row percentage |
+-----+

```

grupo	conductos_4		Total
	0	1	
cbct	52	1	53
	98.11	1.89	100.00
diafanización	49	3	52
	94.23	5.77	100.00
Total	101	4	105
	96.19	3.81	100.00

```

Fisher's exact = 0.363
1-sided Fisher's exact = 0.302

```

```

. tab grupo conductos_5, row exact

```

u. Comparación entre las tres técnicas in vitro para la categoría de 7 conductos.

```
+-----+
| Key   |
+-----+
| frequency |
| row percentage |
+-----+
```

Enumerating sample-space combinations:

stage 3: enumerations = 1

stage 2: enumerations = 0

stage 1: enumerations = 0

grupo	conductos_5		Total
	0	1	
cbct	52 98.11	1 1.89	53 100.00
difanización	51 98.08	1 1.92	52 100.00
in vitro	52 98.11	1 1.89	53 100.00
Total	155 98.10	3 1.90	158 100.00

Fisher's exact = 1.000

. tab grupo conductos_5 if grupo !=1, row exact

v. Comparación entre la diafanización y las radiografías digitales in vitro para la categoría de 7 conductos.

```
+-----+
| Key   |
+-----+
| frequency |
| row percentage |
+-----+
```

grupo	conductos_5		Total
	0	1	
difanización	51 98.08	1 1.92	52 100.00
in vitro	52 98.11	1 1.89	53 100.00
Total	103 98.10	2 1.90	105 100.00

Fisher's exact = 1.000

1-sided Fisher's exact = 0.748

. tab grupo conductos_5 if grupo !=2, row exact

w. Comparación entre la CBCT y las radiografías digitales in vitro para la categoría de 7 conductos.

```
+-----+
| Key |
|-----|
| frequency |
| row percentage |
+-----+
```

grupo	conductos_5		Total
	0	1	
cbct	52	1	53
	98.11	1.89	100.00
in vitro	52	1	53
	98.11	1.89	100.00
Total	104	2	106
	98.11	1.89	100.00

```
Fisher's exact = 1.000
1-sided Fisher's exact = 0.752
```

```
. tab grupo conductos_5 if grupo !=3, row exact
```

x. Comparación entre la CBCT y las diafanización para la categoría de 7 conductos.

```
+-----+
| Key |
|-----|
| frequency |
| row percentage |
+-----+
```

grupo	conductos_5		Total
	0	1	
cbct	52	1	53
	98.11	1.89	100.00
diafanización	51	1	52
	98.08	1.92	100.00
Total	103	2	105
	98.10	1.90	100.00

```
Fisher's exact = 1.000
1-sided Fisher's exact = 0.748
```

y. Comparación entre las configuraciones obtenidas en la raíz mesial mediante difanización y CBCT.

Enumerating sample-space combinations:

- stage 13: enumerations = 1
- stage 12: enumerations = 2
- stage 11: enumerations = 2
- stage 10: enumerations = 3
- stage 9: enumerations = 3
- stage 8: enumerations = 4
- stage 7: enumerations = 9
- stage 6: enumerations = 14
- stage 5: enumerations = 22
- stage 4: enumerations = 28
- stage 3: enumerations = 35
- stage 2: enumerations = 39
- stage 1: enumerations = 0

col	row	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	Total	
-----+-----							
DIAFA	1	1	16	1	15	2	
3	6	1	1	1	2	52	
5.77	11.54	1.92	1.92	30.77	1.92	28.85	3.85
		1.92	1.92	1.92	3.85	100.00	
-----+-----							
CBCT	0	0	21	0	21	2	
1	3	0	1	0	3	53	
1.89	5.66	0.00	0.00	39.62	0.00	39.62	3.77
		0.00	1.89	0.00	5.66	100.00	
-----+-----							
Total	1	1	37	1	36	4	
4	9	1	2	1	5	105	
3.81	8.57	0.95	0.95	35.24	0.95	34.29	3.81
		0.95	1.90	0.95	4.76	100.00	

	col	
row	13	Total
-----+-----+-----		
DIAFA	2	52
	3.85	100.00
-----+-----+-----		
CBCT	1	53
	1.89	100.00
-----+-----+-----		
Total	3	105
	2.86	100.00

Fisher's exact = 0.765

z. Comparación entre las configuraciones del sistema de conductos obtenidas en la raíz distal mediante diafanización y CBCT.

Enumerating sample-space combinations:

stage 15: enumerations = 1
stage 14: enumerations = 2
stage 13: enumerations = 2
stage 12: enumerations = 3
stage 11: enumerations = 3
stage 10: enumerations = 4
stage 9: enumerations = 9
stage 8: enumerations = 15
stage 7: enumerations = 22
stage 6: enumerations = 30
stage 5: enumerations = 54
stage 4: enumerations = 59
stage 3: enumerations = 121
stage 2: enumerations = 323
stage 1: enumerations = 0

col		1	2	3	4	5	6
row	8	9	10	11	12	Total	
DIAFA	21	10	5	2	3	1	
1	4	1	3	1	0	53	
1.89	7.55	39.62	18.87	9.43	3.77	5.66	1.89
		1.89	5.66	1.89	0.00	100.00	
CBCT	25	3	10	0	2	1	
1	4	0	2	0	1	52	
1.92	7.69	48.08	5.77	19.23	0.00	3.85	1.92
		0.00	3.85	0.00	1.92	100.00	
Total	46	13	15	2	5	2	
2	8	1	5	1	1	105	
1.90	7.62	43.81	12.38	14.29	1.90	4.76	1.90
		0.95	4.76	0.95	0.95	100.00	

		col			
row	13	14	15	Total	
DIAFA	0	1	0	53	
	0.00	1.89	0.00	100.00	
CBCT	2	0	1	52	
	3.85	0.00	1.92	100.00	
Total	2	1	1	105	
	1.90	0.95	0.95	100.00	

Fisher's exact = 0.317

8.1.2. Documentación del punto 4.7.2. Análisis de las diversas metodologías durante las aperturas.

a. Comparación entre el número de conductos localizados durante las tres fases de la apertura en la raíz mesial.

Frecuencias observadas			
	Detección	No detección	Total
Ojo desnudo	105	14	119
Ultrasonido	110	9	119
Microscopio	119	0	119
Total	334	23	357

Porcentajes (Por filas)			
	Detección	No detección	Total
Ojo desnudo	88,24	11,76	100,00
Ultrasonido	92,44	7,56	100,00
Microscopio	100,00	0,00	100,00
Total	93,56	6,44	100,00

Prueba Ji-cuadrado de Pearson

Ji-cuadrado	gl	Valor p
14,0346	2	0,0009

b. Comparación entre el número de conductos localizados mediante el ojo desnudo y el uso de ultrasonidos en la raíz mesial.

Frecuencias observadas			
	Detección	No detección	Total
Ojo desnudo	105	14	119
Ultrasonido	110	9	119
Total	215	23	238

Porcentajes (Por filas)			
	Detección	No detección	Total
Ojo desnudo	88,24	11,76	100,00
Ultrasonido	92,44	7,56	100,00
Total	90,34	9,66	100,00

Prueba Ji-cuadrado de Pearson	Estadístico	Valor p
Sin corrección	1,2032	0,2727

c. Comparación entre el número de conductos localizados mediante el uso de ultrasonidos y añadiendo el microscopio operatorio en la raíz mesial.

Frecuencias observadas	Detección	No detección	Total
Ultrasonido	110	9	119
Microscopio	119	0	119
Total	229	9	238

Porcentajes (Por filas)	Detección	No detección	Total
Ultrasonido	92,44	7,56	100,00
Microscopio	100,00	0,00	100,00
Total	96,21	3,79	100,00

Prueba exacta de Fisher	Valor p
Bilateral	0,0033

d. Comparación entre el número de conductos localizados mediante el ojo desnudo y el uso microscopio (más ultrasonidos) en la raíz mesial.

Frecuencias observadas	Detección	No detección	Total
Ojo desnudo	105	14	119
Microscopio	119	0	119
Total	224	14	238

Porcentajes (Por filas)	Detección	No detección	Total
Ojo desnudo	88,24	11,76	100,00
Microscopio	100,00	0,00	100,00
Total	94,12	5,88	100,00

Prueba exacta de Fisher	Valor p
Bilateral	0,0001

e. Comparación entre el número de conductos localizados durante las tres fases de la apertura en la raíz distal.

Frecuencias observadas	Detección	No detección	Total
Ojo desnudo	72	13	85
Ultrasonido	71	14	85
Microscopio	73	12	85
Total	216	39	255

Porcentajes (Por filas)	Detección	No detección	Total
Ojo desnudo	84,71	15,29	100,00
Ultrasonido	83,53	16,47	100,00
Microscopio	85,88	14,12	100,00
Total	84,71	15,29	100,00

Prueba Ji-cuadrado de Pearson

Ji-cuadrado	gl	Valor p
0,1816	2	0,9132

f. Comparación entre el número de conductos localizados durante las tres fases de la apertura en ambas raíces al mismo tiempo.

Frecuencias observadas	Detección	No detección	Total
Ojo desnudo	177	27	204
Ultrasonido	181	23	204
Microscopio	192	12	204
Total	550	62	612

Porcentajes (Por filas)	Detección	No detección	Total
Ojo desnudo	86,76	13,24	100,00
Ultrasonido	88,73	11,27	100,00
Microscopio	94,12	5,88	100,00
Total	89,87	10,13	100,00

Prueba Ji-cuadrado de Pearson

Ji-cuadrado	gl	Valor p
6,4969	2	0,0388

g. Comparación entre el número de conductos localizados en ambas raíces durante las fases 1 y 2 de las aperturas.

Frecuencias observadas	Detección	No detección	Total
Ojo desnudo	177	27	204
Ultrasonido	181	23	204
Total	358	50	408

Porcentajes (Por filas)	Detección	No detección	Total
Ojo desnudo	86,76	13,24	100,00
Ultrasonido	88,73	11,27	100,00
Total	87,74	12,26	100,00

Prueba Ji-cuadrado de Pearson	Estadístico	Valor p
Corrección de Yates	0,2051	0,6506

h. Comparación entre el número de conductos localizados en ambas raíces durante las fases 2 y 3 de las aperturas.

Frecuencias observadas	Detección	No detección	Total
Ultrasonido	181	23	204
Microscopio	192	12	204
Total	373	35	408

Porcentajes (Por filas)	Detección	No detección	Total
Ultrasonido	88,73	11,27	100,00
Microscopio	94,12	5,88	100,00
Total	91,42	8,58	100,00

Prueba Ji-cuadrado de Pearson	Estadístico	Valor p
Sin corrección	3,7815	0,0518

i. Comparación entre el número de conductos localizados en ambas raíces durante las fases 1 y 3 de las aperturas.

Frecuencias observadas			
	Detección	No detección	Total
Ojo desnudo	177	27	204
Microscopio	192	12	204
Total	369	39	408

Porcentajes (Por filas)			
	Detección	No detección	Total
Ojo desnudo	86,76	13,24	100,00
Microscopio	94,12	5,88	100,00
Total	90,44	9,56	100,00

Prueba Ji-cuadrado de Pearson	Estadístico	Valor p
Sin corrección	6,3790	0,0115

j. Comparación entre la capacidad de detección de conductos en la primera fase de las aperturas entre la raíz mesial y la distal.

Frecuencias observadas			
	Detección	No detección	Total
Raíz mesial	105	14	119
Raíz distal	72	13	85
Total	177	27	204

Porcentajes (Por filas)			
	Detección	No detección	Total
Raíz mesial	88,24	11,76	100,00
Raíz distal	84,71	15,29	100,00
Total	86,76	13,24	100,00

Prueba Ji-cuadrado de Pearson	Estadístico	Valor p
Sin corrección	0,5379	0,4633

k. Comparación entre la capacidad de detección de conductos en la segunda fase de las aperturas entre la raíz mesial y la distal.

Frecuencias observadas			
	Detección	No detección	Total
Raíz mesial	110	9	119
Raíz distal	71	14	85
Total	181	23	204

Porcentajes (Por filas)			
	Detección	No detección	Total
Raíz mesial	92,44	7,56	100,00
Raíz distal	83,53	16,47	100,00
Total	88,73	11,27	100,00

Prueba Ji-cuadrado de Pearson	Estadístico	Valor p
Sin corrección	3,9329	0,0474

l. Comparación entre la capacidad de detección de conductos en la tercera fase de las aperturas entre la raíz mesial y la distal.

Frecuencias observadas			
	Detección	No detección	Total
Raíz mesial	119	0	119
Raíz distal	73	12	85
Total	192	12	204

Porcentajes (Por filas)			
	Detección	No detección	Total
Raíz mesial	100,00	0,00	100,00
Raíz distal	85,88	14,12	100,00
Total	94,12	5,88	100,00

Prueba Ji-cuadrado de Pearson	Estadístico	Valor p
Sin corrección	17,8500	0,0000

8.1.3. Documentación del punto 4.7.3. Comparación de CBCT y diafanización con resultados in vivo.

a. Comparación entre el número de conductos obtenidos en el estudio in vivo y las técnicas in vitro de la diafanización y la CBCT.

```
. tabi 22 14 15 1 1 \ 13 23 12 3 1 \ 84 38 2 0 0 , row exact
```

```
+-----+
```

```
| Key          |
```

```
|-----|
```

```
| frequency    |
```

```
| row percentage |
```

```
+-----+
```

Enumerating sample-space combinations:

stage 5: enumerations = 1

stage 4: enumerations = 6

stage 3: enumerations = 66

stage 2: enumerations = 18542

stage 1: enumerations = 0

	col					
row	3 conduc	4 conduct	5 conduct	6 conduct	7 conduct	Total
cbct	22	14	15	1	1	53
	41.51	26.42	28.30	1.89	1.89	100.00
diafa	13	23	12	3	1	52
	25.00	44.23	23.08	5.77	1.92	100.00
in vivo	84	38	2	0	0	124
	67.74	30.65	1.61	0.00	0.00	100.00
Total	119	75	29	4	2	229
	51.97	32.75	12.66	1.75	0.87	100.00

Fisher's exact = 0.000

b. Comparación entre el número de conductos obtenidos en el estudio in vivo y la técnica in vitro de la CBCT.

. tabi 22 14 15 1 1 \ 84 38 2 0 0 , row exact

```

+-----+
| Key          |
|-----|
| frequency    |
| row percentage |
+-----+

```

Enumerating sample-space combinations:

stage 5: enumerations = 1

stage 4: enumerations = 2

stage 3: enumerations = 3

stage 2: enumerations = 46

stage 1: enumerations = 0

	col					
row	1	2	3	4	5	Total
cbct	22	14	15	1	1	53
	41.51	26.42	28.30	1.89	1.89	100.00
in vivo	84	38	2	0	0	124
	67.74	30.65	1.61	0.00	0.00	100.00
Total	106	52	17	1	1	177
	59.89	29.38	9.60	0.56	0.56	100.00

Fisher's exact = 0.000

c. Comparación entre el número de conductos obtenidos en el estudio in vivo y la técnica in vitro de la diafanización.

```
. tabi 13 23 12 3 1 \ 84 38 2 0 0 , row exact
```

```
+-----+
| Key          |
|-----|
| frequency    |
| row percentage |
+-----+
```

Enumerating sample-space combinations:

stage 5: enumerations = 1

stage 4: enumerations = 2

stage 3: enumerations = 7

stage 2: enumerations = 97

stage 1: enumerations = 0

	col					
row	1	2	3	4	5	Total
diafa	13	23	12	3	1	52
	25.00	44.23	23.08	5.77	1.92	100.00
in vivo	84	38	2	0	0	124
	67.74	30.65	1.61	0.00	0.00	100.00
Total	97	61	14	3	1	176
	55.11	34.66	7.95	1.70	0.57	100.00

Fisher's exact = 0.000

d. Comparación entre los resultados obtenidos in vivo y las técnicas in vitro de diafanización y CBCT para la categoría de 3 conductos.

```
. tab grupo conductos_1, row exact
```

```
+-----+
```

```
| Key          |
```

```
|-----|
```

```
| frequency    |
```

```
| row percentage |
```

```
+-----+
```

Enumerating sample-space combinations:

stage 3: enumerations = 1

stage 2: enumerations = 33

stage 1: enumerations = 0

grupo	conductos_1		Total
	0	1	
cbt	31	22	53
	58.49	41.51	100.00
diafa	39	13	52
	75.00	25.00	100.00
in vivo	42	84	126
	33.33	66.67	100.00
Total	112	119	231
	48.48	51.52	100.00
Fisher's exact =			0.000

e. Comparación entre los resultados obtenidos in vivo y la técnica in vitro de CBCT para la categoría de 3 conductos.

```
. tab grupo conductos_1 if grupo!=2, row exact
```

```
+-----+
| Key          |
|-----|
| frequency    |
| row percentage |
+-----+
```

grupo	conductos_1		Total
	0	1	
cbt	31	22	53
	58.49	41.51	100.00
in vivo	42	84	126
	33.33	66.67	100.00
Total	73	106	179
	40.78	59.22	100.00

Fisher's exact = 0.003
1-sided Fisher's exact = 0.002

f. Comparación entre los resultados obtenidos in vivo y la técnica in vitro de diafanización para la categoría de 3 conductos.

```
. tab grupo conductos_1 if grupo!=1, row exact
```

```
+-----+
| Key          |
|-----|
| frequency    |
| row percentage |
+-----+

          |      conductos_1
        grupo |          0          1 |      Total
-----+-----+-----
        diafa |          39          13 |          52
          |          75.00        25.00 |        100.00
-----+-----+-----
        in vivo |          42          84 |          126
          |          33.33        66.67 |        100.00
-----+-----+-----
        Total |          81          97 |          178
          |          45.51        54.49 |        100.00

        Fisher's exact =                0.000
        1-sided Fisher's exact =          0.000
```

g. Comparación entre los resultados obtenidos in vivo y las técnicas in vitro de diafanización y CBCT para la categoría de 4 conductos.

```
. tab grupo conductos_2, row exact
```

```
+-----+
| Key          |
|-----|
| frequency    |
| row percentage |
+-----+
```

Enumerating sample-space combinations:

stage 3: enumerations = 1

stage 2: enumerations = 13

stage 1: enumerations = 0

grupo	conductos_2		Total
	0	1	
cbt	39	14	53
	73.58	26.42	100.00
diafa	29	23	52
	55.77	44.23	100.00
in vivo	88	38	126
	69.84	30.16	100.00
Total	156	75	231
	67.53	32.47	100.00

Fisher's exact = 0.113

h. Comparación entre los resultados obtenidos in vivo y la técnica in vitro de CBCT para la categoría de 4 conductos.

```
. tab grupo conductos_2 if grupo!=2, row exact
```

```
+-----+
| Key          |
|-----|
| frequency    |
| row percentage |
+-----+

          |      conductos_2
        grupo |          0          1 |      Total
-----+-----+-----
        cbt |          39          14 |          53
          |          73.58        26.42 |        100.00
-----+-----+-----
        in vivo |          88          38 |          126
          |          69.84        30.16 |        100.00
-----+-----+-----
        Total |          127          52 |          179
          |          70.95        29.05 |        100.00

        Fisher's exact =                0.719
1-sided Fisher's exact =                0.377
```

i. Comparación entre los resultados obtenidos in vivo y la técnica in vitro de diafanización para la categoría de 4 conductos.

```
. tab grupo conductos_2 if grupo!=1, row exact
```

```
+-----+
| Key          |
|-----|
| frequency    |
| row percentage |
+-----+
          |      conductos_2
        grupo |          0          1 |      Total
-----+-----+-----
        diafa |          29          23 |          52
          |          55.77        44.23 |        100.00
-----+-----+-----
        in vivo |          88          38 |          126
          |          69.84        30.16 |        100.00
-----+-----+-----
        Total |          117          61 |          178
          |          65.73        34.27 |        100.00
          Fisher's exact =                0.084
        1-sided Fisher's exact =                0.053
```

j. Comparación entre los resultados obtenidos in vivo y las técnicas in vitro de diafanización y CBCT para la categoría de 5 conductos.

```
. tab grupo conductos_3, row exact
+-----+
| Key          |
|-----|
| frequency    |
| row percentage |
+-----+

Enumerating sample-space combinations:
stage 3: enumerations = 1
stage 2: enumerations = 21
stage 1: enumerations = 0
```

grupo	conductos_3		Total
	0	1	
cbt	38	15	53
	71.70	28.30	100.00
diafa	40	12	52
	76.92	23.08	100.00
in vivo	124	2	126
	98.41	1.59	100.00
Total	202	29	231
	87.45	12.55	100.00

Fisher's exact = 0.000

k. Comparación entre los resultados obtenidos in vivo y la técnica in vitro de CBCT para la categoría de 5 conductos.

```
. tab grupo conductos_3 if grupo!=2, row exact
```

```
+-----+
| Key          |
|-----|
| frequency    |
| row percentage |
+-----+

```

grupo	conductos_3		Total
	0	1	
cbt	38	15	53
	71.70	28.30	100.00
in vivo	124	2	126
	98.41	1.59	100.00
Total	162	17	179
	90.50	9.50	100.00

Fisher's exact = 0.000
1-sided Fisher's exact = 0.000

1. Comparación entre los resultados obtenidos in vivo y la técnica in vitro de diafanización para la categoría de 5 conductos.

```
. tab grupo conductos_3 if grupo!=1, row exact
```

```
+-----+
| Key          |
|-----|
| frequency    |
| row percentage |
+-----+

          |      conductos_3
        grupo |          0          1 |      Total
-----+-----+-----
        diafa |          40          12 |          52
          |          76.92      23.08 |         100.00
-----+-----+-----
        in vivo |          124           2 |          126
          |          98.41      1.59 |         100.00
-----+-----+-----
        Total |          164           14 |          178
          |          92.13      7.87 |         100.00

        Fisher's exact =                0.000
        1-sided Fisher's exact =          0.000
```

8.1.4. Documentación del punto 4.7.4. Paralelismo estudio in vitro - in vivo.

a. Comparación entre los resultados in vivo y las configuraciones obtenidas in vitro mediante CBCT y diafanización agrupadas en la raíz mesial.

. tabi 50 72 1 1 \ 24 23 5 1 \ 18 18 14 2 , row exact

+-----+

| Key |

|-----|

| frequency |

| row percentage |

+-----+

Enumerating sample-space combinations:

stage 4: enumerations = 1

stage 3: enumerations = 15

stage 2: enumerations = 2274

stage 1: enumerations = 0

MESIAL

CÓDIGOS DE VALORES:

1: 2-1

2: 2-2

3: 3-1

4:2-3-2

	col				
row	1	2	3	4	Total
IN VIVO	50	72	1	1	124
	40.32	58.06	0.81	0.81	100.00
CBCT	24	23	5	1	53
	45.28	43.40	9.43	1.89	100.00
DIAFA	18	18	14	2	52

	34.62	34.62	26.92	3.85	100.00
-----+-----					
Total	92	113	20	4	229
	40.17	49.34	8.73	1.75	100.00
Fisher's exact =	0.000				

b. Comparación entre los resultados in vivo y las configuraciones obtenidas in vitro mediante CBCT agrupadas en la raíz mesial.

. tabi 50 72 1 1 \ 24 23 5 1 , row exact

```

+-----+
| Key          |
|-----|
| frequency    |
| row percentage |
+-----+

```

Enumerating sample-space combinations:

stage 4: enumerations = 1

stage 3: enumerations = 3

stage 2: enumerations = 16

stage 1: enumerations = 0

	col				
row	1	2	3	4	Total
IN VIVO	50	72	1	1	124
	40.32	58.06	0.81	0.81	100.00
CBCT	24	23	5	1	53
	45.28	43.40	9.43	1.89	100.00
Total	74	95	6	2	177
	41.81	53.67	3.39	1.13	100.00
Fisher's exact =	0.012				

c. Comparación entre los resultados in vivo y las configuraciones obtenidas in vitro mediante diafanización agrupadas en la raíz mesial.

. tabi 50 72 1 1 \ 18 18 14 2 , row exact

```

+-----+
| Key          |
|-----|
| frequency    |
| row percentage |
+-----+

```

Enumerating sample-space combinations:

stage 4: enumerations = 1

stage 3: enumerations = 4

stage 2: enumerations = 55

stage 1: enumerations = 0

	col				
row	1	2	3	4	Total
IN VIVO	50	72	1	1	124
	40.32	58.06	0.81	0.81	100.00
DIAFA	18	18	14	2	52
	34.62	34.62	26.92	3.85	100.00
Total	68	90	15	3	176
	38.64	51.14	8.52	1.70	100.00

Fisher's exact = 0.000

d. Comparación entre las configuraciones agrupadas obtenidas mediante las técnicas in vitro de CBCT y diafanización en la raíz mesial.

. tabi 24 23 5 1 \ 18 18 14 2 , row exact

```

+-----+
| Key          |
|-----|
| frequency    |
| row percentage |
+-----+
    
```

Enumerating sample-space combinations:

stage 4: enumerations = 1

stage 3: enumerations = 4

stage 2: enumerations = 25

stage 1: enumerations = 0

	col				
row	1	2	3	4	Total
CBCT	24	23	5	1	53
	45.28	43.40	9.43	1.89	100.00
DIAFA	18	18	14	2	52
	34.62	34.62	26.92	3.85	100.00
Total	42	41	19	3	105
	40.00	39.05	18.10	2.86	100.00

Fisher's exact = 0.091

e. Comparación entre los resultados in vivo y las configuraciones obtenidas in vitro mediante CBCT y diafanización agrupadas en la raíz distal.

. tabi 88 11 2 9 11 2 1 \ 33 3 10 3 2 1 1 \ 25 10 5 3 4 2 3 , row exact

```

+-----+
| Key          |
|-----|
| frequency    |
| row percentage |
+-----+

```

Enumerating sample-space combinations:

```

stage 7: enumerations = 1
stage 6: enumerations = 21
stage 5: enumerations = 182
stage 4: enumerations = 8417
stage 3: enumerations = 128865
stage 2: enumerations = 634952
stage 1: enumerations = 0

```

DISTAL

```

1: 1-1
2: 2-1
3: 1-2-1
4: 2-2
5: 1-2
6: 1-2-1-2
7: 2-1-2-1

```

		col					
7	row	1	2	3	4	5	6
	Total						
-----+							
-----+							
1	IN VIVO	88	11	2	9	11	2
	124						
0.81		70.97	8.87	1.61	7.26	8.87	1.61
	100.00						
-----+							
-----+							

1	CBCT	53	33	3	10	3	2	1
1.89		100.00	62.26	5.66	18.87	5.66	3.77	1.89
-----+-----								
3	DIAF	52	25	10	5	3	4	2
5.77		100.00	48.08	19.23	9.62	5.77	7.69	3.85
-----+-----								
5	Total	229	146	24	17	15	17	5
2.18		100.00	63.76	10.48	7.42	6.55	7.42	2.18

Fisher's exact = 0.001

f. Comparación entre los resultados in vivo y las configuraciones obtenidas in vitro mediante CBCT agrupadas en la raíz distal.

. tabi 88 11 2 9 11 2 1 \ 33 3 10 3 2 1 1 , row exact

```

+-----+
| Key          |
|-----|
| frequency    |
| row percentage |
+-----+

```

Enumerating sample-space combinations:

```

stage 7: enumerations = 1
stage 6: enumerations = 3
stage 5: enumerations = 12
stage 4: enumerations = 115
stage 3: enumerations = 505
stage 2: enumerations = 2609
stage 1: enumerations = 0

```

		col					
7	row	1	2	3	4	5	6
	Total						
-----+							
1	IN VIVO	88	11	2	9	11	2
	124						
0.81		70.97	8.87	1.61	7.26	8.87	1.61
	100.00						
-----+							
1	CBCT	33	3	10	3	2	1
	53						
1.89		62.26	5.66	18.87	5.66	3.77	1.89
	100.00						
-----+							
2	Total	121	14	12	12	13	3
	177						
1.13		68.36	7.91	6.78	6.78	7.34	1.69
	100.00						

Fisher's exact = 0.003

g. Comparación entre los resultados in vivo y las configuraciones obtenidas in vitro mediante diafanización agrupadas en la raíz distal.

. tabi 88 11 2 9 11 2 1 \ 25 10 5 3 4 2 3 , row exact

```

+-----+
| Key          |
|-----|
| frequency    |
| row percentage |
+-----+
  
```

Enumerating sample-space combinations:

```

stage 7: enumerations = 1
stage 6: enumerations = 5
stage 5: enumerations = 14
stage 4: enumerations = 93
stage 3: enumerations = 625
stage 2: enumerations = 3709
stage 1: enumerations = 0
  
```

	row	1	2	3	4	5	6
7	Total						
-----+							
1	IN VIVO	88	11	2	9	11	2
	124						
0.81		70.97	8.87	1.61	7.26	8.87	1.61
	100.00						
-----+							
3	DIAFA	25	10	5	3	4	2
	52						
5.77		48.08	19.23	9.62	5.77	7.69	3.85
	100.00						
-----+							
4	Total	113	21	7	12	15	4
	176						
2.27		64.20	11.93	3.98	6.82	8.52	2.27
	100.00						

Fisher's exact = 0.006

h. Comparación entre las configuraciones agrupadas obtenidas mediante las técnicas in vitro de CBCT y diafanización en la raíz distal.

. tabi 33 3 10 3 2 1 1 \ 25 10 5 3 4 2 3 , row exact

```

+-----+
| Key          |
|-----|
| frequency    |
| row percentage |
+-----+

```

Enumerating sample-space combinations:

stage 7: enumerations = 1

stage 6: enumerations = 4

stage 5: enumerations = 18

stage 4: enumerations = 70

stage 3: enumerations = 136

stage 2: enumerations = 301

stage 1: enumerations = 0

		col					
7	row	1	2	3	4	5	6
	Total						
-----+							
1	CBCT	33	3	10	3	2	1
	53						
1.89		62.26	5.66	18.87	5.66	3.77	1.89
	100.00						
-----+							
3	DIAFA	25	10	5	3	4	2
	52						
5.77		48.08	19.23	9.62	5.77	7.69	3.85
	100.00						
-----+							
4	Total	58	13	15	6	6	3
	105						
3.81		55.24	12.38	14.29	5.71	5.71	2.86
	100.00						

Fisher's exact = 0.187

i. Comparación entre los resultados obtenidos in vivo y mediante la técnica in vitro de diafanización en la raíz mesial para la configuración 2-1.

tabi 50 74 \ 18 34, row exact

	col		
row	1	2	Total
1	50	74	124
	40.32	59.68	100.00
2	18	34	52
	34.62	65.38	100.00
Total	68	108	176
	38.64	61.36	100.00
	Fisher's exact =		0.503
	1-sided Fisher's exact =		0.296

j. Comparación entre los resultados obtenidos in vivo y mediante la técnica in vitro de diafanización en la raíz mesial para la configuración 2-2.

tabi 72 52 \ 18 34 , row exact

	col		
row	1	2	Total
1	72	52	124
	58.06	41.94	100.00
2	18	34	52
	34.62	65.38	100.00
Total	90	86	176
	51.14	48.86	100.00
	Fisher's exact =		0.005
	1-sided Fisher's exact =		0.004

k. Comparación entre los resultados obtenidos in vivo y mediante la técnica in vitro de diafanización en la raíz mesial para la configuración 3-1.

```

tabi 1 123 \ 14 38 , row exact
      |          col
      row |          1          2 |          Total
-----+-----+-----
      1 |          1          123 |          124
      |          0.81          99.19 |          100.00
-----+-----+-----
      2 |          14          38 |          52
      |          26.92          73.08 |          100.00
-----+-----+-----
      Total |          15          161 |          176
      |          8.52          91.48 |          100.00
      Fisher's exact =                                0.000
      1-sided Fisher's exact =                          0.000
  
```

l. Comparación entre los resultados obtenidos in vivo y mediante la técnica in vitro de diafanización en la raíz mesial para la configuración 2-3-2.

```

tabi 1 123 \ 2 50 , row exact
      |          col
      row |          1          2 |          Total
-----+-----+-----
      1 |          1          123 |          124
      |          0.81          99.19 |          100.00
-----+-----+-----
      2 |          2          50 |          52
      |          3.85          96.15 |          100.00
-----+-----+-----
      Total |          3          173 |          176
      |          1.70          98.30 |          100.00
      Fisher's exact =                                0.209
      1-sided Fisher's exact =                          0.209
  
```

m. Comparación entre los resultados obtenidos in vivo y mediante la técnica in vitro de diafanización en la raíz distal para la configuración 1-1.

tabi 88 36 \ 25 27 , row exact

	col		
row	1	2	Total
1	88	36	124
	70.97	29.03	100.00
2	25	27	52
	48.08	51.92	100.00
Total	113	63	176
	64.20	35.80	100.00
Fisher's exact =			0.006
1-sided Fisher's exact =			0.004

n. Comparación entre los resultados obtenidos in vivo y mediante la técnica in vitro de diafanización en la raíz distal para la configuración 2-1.

tabi 11 113 \ 10 42 , row exact

	col		
row	1	2	Total
1	11	113	124
	8.87	91.13	100.00
2	10	42	52
	19.23	80.77	100.00
Total	21	155	176
	11.93	88.07	100.00
Fisher's exact =			0.073
1-sided Fisher's exact =			0.050

o. Comparación entre los resultados obtenidos in vivo y mediante la técnica in vitro de diafanización en la raíz distal para la configuración 1-2-1.

```

tabi 2 122 \ 5 47 , row exact
      |          col
row |          1          2 |      Total
-----+-----+-----
    1 |          2          122 |          124
      |          1.61       98.39 |          100.00
-----+-----+-----
    2 |          5           47 |           52
      |          9.62       90.38 |          100.00
-----+-----+-----
Total |          7          169 |          176
      |          3.98       96.02 |          100.00
      Fisher's exact =                0.024
1-sided Fisher's exact =                0.024

```

p. Comparación entre los resultados obtenidos in vivo y mediante la técnica in vitro de diafanización en la raíz distal para la configuración 2-2.

```

tabi 9 115 \ 3 49 , row exact
      |          col
row |          1          2 |      Total
-----+-----+-----
    1 |          9          115 |          124
      |          7.26       92.74 |          100.00
-----+-----+-----
    2 |          3           49 |           52
      |          5.77       94.23 |          100.00
-----+-----+-----
Total |          12          164 |          176
      |          6.82       93.18 |          100.00
      Fisher's exact =                1.000
1-sided Fisher's exact =                0.504

```

q. Comparación entre los resultados obtenidos in vivo y mediante la técnica in vitro de diafanización en la raíz distal para la configuración 1-2.

```

tabi 11 113 \ 4 48 , row exact
      |          col
      row |          1          2 |          Total
-----+-----+-----
      1 |          11          113 |          124
      |          8.87          91.13 |          100.00
-----+-----+-----
      2 |           4           48 |           52
      |          7.69          92.31 |          100.00
-----+-----+-----
Total |           15          161 |          176
      |          8.52          91.48 |          100.00
      Fisher's exact =                  1.000
1-sided Fisher's exact =                  0.530

```

r. Comparación entre los resultados obtenidos in vivo y mediante la técnica in vitro de diafanización en la raíz distal para la configuración 1-2-1-2.

```

tabi 2 122 \ 2 50 , row exact
      |          col
      row |          1          2 |          Total
-----+-----+-----
      1 |           2          122 |          124
      |          1.61          98.39 |          100.00
-----+-----+-----
      2 |           2           50 |           52
      |          3.85          96.15 |          100.00
-----+-----+-----
Total |           4          172 |          176
      |          2.27          97.73 |          100.00
      Fisher's exact =                  0.583
1-sided Fisher's exact =                  0.340

```

s. Comparación entre los resultados obtenidos in vivo y mediante la técnica in vitro de diafanización en la raíz distal para la configuración 2-1-2-1.

```

tabi 1 123 \ 3 49 , row exact
      |          col
row |          1          2 |      Total
-----+-----+-----
      1 |          1          123 |          124
      |          0.81          99.19 |          100.00
-----+-----+-----
      2 |          3          49 |          52
      |          5.77          94.23 |          100.00
-----+-----+-----
Total |          4          172 |          176
      |          2.27          97.73 |          100.00
      Fisher's exact =                0.078
1-sided Fisher's exact =                0.078

```

