

Anatomía de los conductos radiculares de los molares a través de los restos fósiles de la cueva del Mirador (Atapuerca)

M^a Dolors Ceperuelo Sánchez

ADVERTIMENT. La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX (www.tesisenxarxa.net) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

ADVERTENCIA. La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR (www.tesisenred.net) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

WARNING. On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX (www.tesisenxarxa.net) service has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading and availability from a site foreign to the TDX service. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service is not authorized (framing). This rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author.

Anatomía de los Conductos Radiculares de los molares a través de los restos fósiles de la Cueva de El Mirador (Atapuerca)

“Quien olvida su historia está condenado a repetirla”

Jorge Agustín Nicolás Ruiz de Santayana.

AGRADECIMIENTOS

Ante todo debo agradecer al Dr. José M^a Bermúdez de Castro la oportunidad que me ha brindado de poder acceder a los restos humanos de la Cueva de El Mirador y hacer posible que las dos disciplinas que tanto amo como son la Historia y la Odontología se hayan podido unificar en esta tesis. Muchas gracias por las reuniones, los viajes, la cercanía que siempre me has mostrado, y todo el interés y apoyo mostrado.

Al Dr. Lluís Giner que siempre me ha mostrado su interés, por el soporte en este proyecto, por el ánimo y comprensión, por su tiempo y dedicación. A la Universitat Internacional de Catalunya que me permitió el uso de las instalaciones y maquinaria para poder realizar y obtener las imágenes de los Cone Beam Computer Tomography (CBCT).

A la Dra. Montserrat Mercadé por la confianza, por su amistad, por su dedicación, por el apoyo incondicional recibido y sus horas ilimitadas de dedicación a esta tesis. Por el tiempo de despacho y reuniones fuera de horario. Por las gestiones realizadas, la burocracia, hacer fácil todo aquello que parecía tan difícil. Por sus correcciones, indicaciones y todas sus ideas aportadas en la confección de esta tesis.

Al Institut Català de Paleoeconologia Humana i Evolució Social (IPHES) y especialmente a la Dra. Marina Lozano, que me han permitido estudiar los restos fósiles de la Cueva de El Mirador de la Sierra de Atapuerca (Burgos), sin limitaciones de tiempo ni horario. Por facilitar el traslado de dichas muestras para realizar los CBCT. Por la dedicación absoluta, por las reuniones, indicaciones, por su ánimo, y por hacerme sentir siempre como en casa.

Al Dr. Eduardo Chimenos por haber sido capaz de transmitir una ilusión infinita en todo aquello que realiza. Por haberme mostrado que la odontología y la arqueología pueden ir de la mano, por contagiarme con su energía y vitalidad.

Al Dr. Lluís Jané por abrirme las puertas de su consulta y ofrecerme toda su ayuda en el uso de las nuevas tecnologías. Al Dr. Fernando Durán-Sindreu por apasionarle el tema desde el principio y brindarme todo su apoyo y ayuda.

Por último quería agradecer a mi familia la paciencia que han tenido conmigo. Por permitirme continuar el sueño que hace muchos años inicié cuando siendo estudiante de Historia fui a excavar por primera vez al Yacimiento de Atapuerca. En mi mente rondaba la idea de poder estudiar la dentición de aquellos fósiles y hoy como Odontóloga, toma sentido en esta tesis.

A mi hijo Pol por entender que debía pasar muchas horas delante del ordenador, por acompañarme algunos momentos en la mesa del despacho mientras ambos realizábamos nuestros deberes, por no haberse quejado ni un solo instante sabiendo que este propósito era sumamente importante para mí. A mi marido Raúl que siempre me ha apoyado en todos mis proyectos, por su gran ayuda con la informática, por su paciencia infinita. A mis padres, Antonio y Mari, que me han transmitido valores como la perseverancia, el tesón, y la superación, siendo para mí un ejemplo a seguir. A mis hermanas M Luisa y M José que me han animado en mis horas bajas y han estado siempre a mi lado. Gracias por vuestras lecturas y correcciones a deshoras de la noche .

A todos, GRACIAS.

Índice

INDICE

1.- JUSTIFICACIÓN	16
2.- INTRODUCCIÓN.....	18
2.1.- CONTEXTUALIZACIÓN DE LA MUESTRA	22
2.1.1.- LA CUEVA DE EL MIRADOR	24
2.1.2.- RESTOS FÓSILES DE LA EDAD DE BRONCE	29
2.1.3.- CONJUNTO CALCOLÍTICO	31
2.2.- ANATOMÍA Y MORFOLOGÍA DENTAL DE LOS MOLARES	33
2.2.1.- PRIMER MOLAR MAXILAR	34
2.2.2.- SEGUNDO MOLAR MAXILAR.....	37
2.2.3.- PRIMER MOLAR MANDIBULAR	39
2.2.4.- SEGUNDO MOLAR MANDIBULAR.....	41
2.2.5.- TERCEROS MOLARES Y PARAMOLARES.....	43
2.3.- ANATOMÍA DE LOS CONDUCTOS RADICULARES Y SU CLASIFICACION.....	46
2.4.- MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE LA ANATOMÍA INTERNA.....	50
2.4.1.- RADIOGRAFÍA PERIAPICAL	52
2.4.2.- TOMOGRAFÍA AXIAL COMPUTERIZADA.....	54
2.4.3.- CONE BEAN COMPUTER TOMOGRAPHY	55
2.4.4.- MICROTOMOGRAFÍA COMPUTERIZADA.....	59
3.- HIPÓTESIS	62
4.- OBJETIVOS	66
4.1.- OBJETIVO GENERAL	68
4.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS	68
5.- MATERIAL Y MÉTODOS.....	70
5.1.- EXPLORACIÓN DE LOS RESTOS ARQUEOLÓGICOS EN EL CBCT	75

5.2.- EVALUACIÓN DE LAS IMÁGENES	77
5.3.- VARIANTES DE ZHANG	78
6.- RESULTADOS	82
7.- DISCUSIÓN.....	90
8.- CONCLUSIÓN.....	98
9.- BIBLIOGRAFÍA.....	102
10.- PERSPECTIVAS DE FUTURO.....	110
11.- ANEXOS.....	114
11.1. ANEXO I: MUESTRA SUJETO A ESTUDIO.....	116
11.2.- ANEXO II: FICHA REGISTRO DENTAL DE LOS RESTOS FÓSILES.....	120
11.3.- ANEXO III: CONVENIO UIC – IPHES.....	121
11.4.- ARTÍCULOS PUBLICADOS.....	124

ABREVIATURAS

CBCT	Cone-beam computed tomography
D	Distal
DL	Disto lingual
DP	Disto palatino
DV	Disto vestibular
IPHES	Institut Català de Paleoeconologia Humana i Evolució Social
L	Lingual
M	Mesial
ML	Mesio lingual
MV	Mesio vestibular
NMI	Número mínimo individuo
P	Palatino
RE	Radix Entomolaris
RP	Radiografía periapical
TAC	Tomografía Axial Computerizada

Justificación

1.- JUSTIFICACIÓN

El estudio de la anatomía y morfología dental en los conductos radiculares en el hombre actual, ha sido una inquietud constante a la hora de realizar trabajos endodónticos por parte del odontólogo general. El realizar una correcta apertura cameral es fundamental para poder localizar el número de conductos, instrumentarlos y acceder al ápice, logrando así la longitud de trabajo idónea, pero eso no es tan sencillo como puede parecer.

El microscopio, el localizador de ápices, la incorporación de material rotatorio, y las nuevas técnicas de diagnóstico como el CBCT (Cone Beam Computer Tomography) han logrado dar un paso enorme en el manejo de los conductos radiculares. Poder diagnosticar fisuras que no se podían visualizar con las técnicas diagnósticas tradicionales y localizar conductos accesorios, por citar algunos ejemplos, no se hubiera conseguido sin la ayuda de las nuevas tecnologías.

Hasta hace relativamente poco tiempo no conseguimos conocer si nuestros antepasados más cercanos, *Homo sapiens* como nosotros, poseían la misma estructura anatómica en los conductos radiculares. De hecho, los restos arqueológicos, escasos, únicos, y particulares, no han podido ser sometidos a este tipo de análisis ya que hasta la aparición del CBCT se realizaban estudios de morfología radicular con radiografías periapicales convencionales (RP). Sin embargo, las RP presentan ciertas limitaciones como son el ruido anatómico, una visión en 2 dimensiones y la distorsión geométrica.

La aparición del CBCT y su introducción en el campo endodóntico hacia 1990 comporta el superar las limitaciones anteriormente citadas, puesto que fue diseñado específicamente para conseguir imágenes tridimensionales del esqueleto maxilofacial (1). A través del CBCT se eliminan las superposiciones de las diferentes estructuras anatómicas, se consigue visualizar lesiones periapicales y se puede efectuar un diagnóstico diferencial con una técnica no invasiva y altamente eficaz.

Poder acceder a los restos fósiles de la cueva de El Mirador y estudiarlos con profundidad significa poder avanzar y contribuir en el estudio de la evolución humana. Actualmente aunque se van incorporando nuevos estudios, existe un vacío en la literatura respecto al estudio de conductos radiculares en poblaciones antiguas puesto que su investigación suponía hasta ahora la destrucción de la muestra, tal y como hemos citado anteriormente.

A través de las imágenes obtenidas en el CBCT, seleccionamos los molares tanto maxilares como mandibulares de cada uno de los individuos debido a que son los que presentan mayor complejidad radicular. Se utilizó la clasificación de Vertucci y de Zhang para todos los molares analizados. El uso de estas clasificaciones en restos fósiles no estaba documentado en la literatura científica hasta la realización de este trabajo de tesis doctoral. Parte de los resultados de la misma se han publicado en dos artículos científicos (2, 3).

Introducción

2.- INTRODUCCIÓN

El cuerpo humano es un sistema complejo formado por diversas estructuras diseñadas y perfeccionadas para llevar a cabo una función determinada. Así las venas y arterias recorren el organismo enviando y recogiendo el torrente sanguíneo, que marca el latir del corazón; los músculos permiten el movimiento; los bronquios y pulmones forman parte del sistema respiratorio, y de este modo podríamos enumerar todos y cada uno de los elementos que integran el organismo.

¿Pero qué sucede con esas estructuras que permanecen intactas cuando el cuerpo ha dejado de tener vida? Efectivamente se trata del sistema óseo o esquelético. Su función más importante es la de sostener la totalidad del cuerpo humano y darle forma. Hace posible la locomoción y brinda al organismo material duro capaz de proteger y sostener los tejidos blandos de posibles agresiones o traumatismos del exterior. De la misma manera es capaz de permanecer indemne a través de los años, si las condiciones ambientales y sedimentarias lo permiten. Y es que a través de los restos arqueológicos podemos estudiar a esos individuos que vivieron en una época concreta, en un espacio determinado y con unas características únicas.

Del conjunto óseo de restos humanos, podemos designar la cavidad oral como la caja negra del individuo, por ello se ha designado a los dientes como “the safe box”, la caja salvavidas del código genético (4). En ella están presentes no sólo el maxilar superior e inferior, sino también dientes sueltos aparentemente inconexos (incisivos, caninos, premolares y molares), pero fundamentales a la hora de describirnos qué y cómo ha existido el sujeto en cuestión a lo largo de su vida. Patologías dentales, desgastes oclusales, presencia o ausencia de enfermedad periodontal, la cavidad pulpar, la articulación de las arcadas, el análisis del tipo de dieta, los hábitos alimenticios, son algunos de los aspectos que podemos establecer con el estudio oral y los restos arqueológicos.

Si miramos al pasado, el género *Homo* ha sufrido múltiples cambios evolutivos. El macizo craneofacial es una de las estructuras que ha padecido mayores modificaciones a lo largo del tiempo. Estas variaciones no se centran únicamente en el volumen craneal, aunque es evidente que desde los 450 cm³ de *Australopithecus* a los 1400 cm³ del *Homo sapiens* ha habido un salto considerable en la evolución. El perfil del hombre actual es más retrusivo en su conjunto, respecto a una frente más vertical, los rebordes supra orbitarios más suaves, debido a la migración del macizo facial hacia una posición más inferior respecto a la bóveda craneal. Además de la cara, el aparato estomatognático también se ha transformado.

Actualmente se considera que el aparato dentario del hombre moderno se encuentra en regresión respecto al de sus anteriores. Diversos autores sostienen que la principal causa de ello radica en la reducción de la función masticatoria que se inició con el descubrimiento del fuego y, posteriormente, con el desarrollo de la agricultura. Las estructuras oseodentarias modernas se caracterizan por una proporción ósea disminuida a nivel facial (paso del prognatismo al ortognatismo); reducción del tamaño del maxilar y de la mandíbula; reducción de la longitud de las arcadas; verticalización de la implantación dentaria; disminución de la altura de la oclusión del canino, y simplificación de la forma y el número de las cúspides molares; reducción del tamaño dentario y la aparición en el plano oclusal de la Curva de Spee (5).

Pero, ¿qué ha sucedido en las estructuras internas del diente? ¿los conductos radiculares han sufrido alguna modificación con el paso del tiempo? Para responder a estas cuestiones hemos basado nuestro estudio en el análisis de los conductos radiculares de los molares hallados en el yacimiento de la Cueva de El Mirador en la Sierra de Atapuerca (Burgos, España). Son restos humanos de *Homo sapiens*, es decir, exactamente igual al homo actual pero con 4000 años de antigüedad. Si pertenecemos a la misma especie en principio deberíamos tener las mismas características, igual anatomía y morfología dental, pero con tantos miles de años que nos separan ¿se habrán producido cambios a nivel interno radicular?

2.1.- CONTEXTUALIZACIÓN DE LA MUESTRA

Hasta hace relativamente poco tiempo no hemos conseguido conocer si nuestros antepasados más cercanos, *Homo sapiens* como nosotros, poseían la misma estructura anatómica en los conductos radiculares. De hecho los restos arqueológicos, escasos, únicos, y particulares, no han podido ser sometidos a este tipo de análisis ya que hasta la aparición del CBCT se realizaban estudios de morfología radicular con radiografías convencionales. Las limitaciones de estas radiografías eran básicamente el no alcanzar con gran detalle la anatomía y morfología interna del diente. La utilización de otros métodos implicaba la destrucción de parte de la muestra, pero al tratarse de restos arqueológicos siempre se han preferido los métodos más conservadores y respetuosos con el material.

Nuestro trabajo se ha centrado en el análisis de los restos humanos hallados en un yacimiento de la Sierra de Atapuerca en Burgos concretamente en la Cueva de El Mirador. El actual equipo de investigadores inició las excavaciones sistemáticas en esta cueva en 1999 y han continuado hasta la actualidad. Los estudios realizados con los restos humanos recuperados hasta la fecha, son muy escasos y a este nivel podemos calificar este material antropológico como inédito. De hecho, esta tesis es una de las primeras que se está realizando con los restos humanos dentales procedentes de este yacimiento. Además cabe destacar que se está aplicando la metodología aún poco utilizada en el ámbito del estudio de los restos dentales de esta cronología (Calcolítico y Edad del Bronce). Y precisamente de ahí proviene la importancia de este estudio, puesto que podíamos suponer e imaginar cómo era la estructura interna de los conductos radiculares, pero disponemos de escasas evidencias científicas que lo confirmen en *Homo sapiens* de hace más de 4000 años.

Figure 1

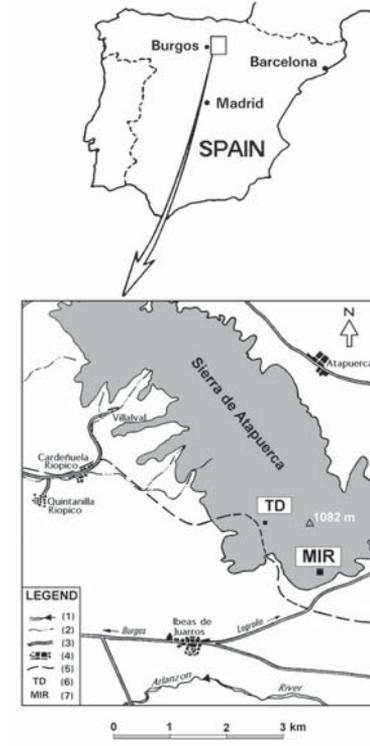


Figura 1. Plano de la Sierra de Atapuerca con señalización del yacimiento de la cueva de El Mirador (MIR).

2.1.1.- LA CUEVA DE EL MIRADOR

El yacimiento de la Cueva de El Mirador está situado en la Sierra de Atapuerca a una altitud de 1033 metros sobre el nivel del mar (Figura 1 y 2). Esta cueva está situada en la vertiente sur de la Sierra, alejada de los yacimientos cercanos a la Trinchera del Ferrocarril y de la Cueva Mayor, ambos conocidos por haber aportado restos de diferentes especies de homínidos que datan del Pleistoceno a la actualidad (6).

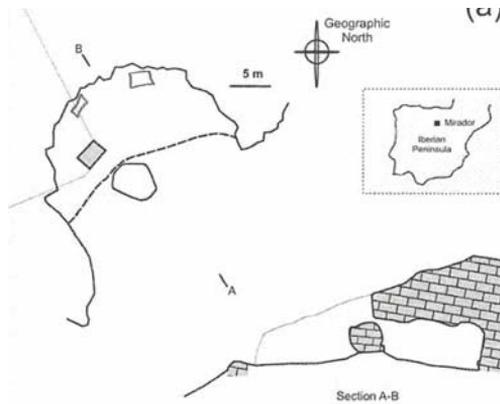


Figura 2. Plano y sección de la Cueva de El Mirador.

La existencia de material arqueológico en la Cueva de El Mirador se conocía de hace ya muchísimos años, cuando fue explorada y excavada por furtivos que sustrajeron material arqueológico en los años 70 del siglo XX. En 1999 el equipo de excavación de la Sierra de Atapuerca empezó a trabajar de manera sistemática en la misma, iniciando un sondeo de unos 6 m² en una de las zonas que se había visto poco afectadas por las excavaciones clandestinas. Los trabajos, que continúan en la actualidad, han afectado a tres zonas de la Cueva y en todas ellas se ha localizado material arqueológico y restos antropológicos.

Las muestras halladas hasta la actualidad, podemos clasificarlas en tres grupos:

1.- **Restos de la Edad de Bronce** (Anexo I) localizadas en el primer sondeo realizado por el equipo de excavación de Atapuerca. Se trata de 6 m², como hemos citado anteriormente, con una potencia arqueológica desde la actualidad hasta niveles del Paleolítico Superior. Destaca especialmente la importante secuencia del Neolítico (7). En los niveles superiores (MIR3 y MIR4), datados en la Edad del Bronce se encontró una fosa excavada artificialmente con restos humanos pertenecientes a un mínimo de 6 individuos (7, 8). Los restos fueron datados en 4.400-4.100 cal. AP, lo que equivale al Bronce Antiguo (Figura 3).

Los restos fueron datados en 4.400- 4.100 cal. AP, lo que equivale al Bronce Antiguo (Figura 3).



Figura 3. Restos arqueológicos de la Edad de Bronce en su disposición original en el yacimiento de la Cueva de El Mirador.

2.- **Restos Calcolíticos** (Anexo I) localizados a raíz de una intervención arqueológica en el año 2009, en una pequeña cavidad denominada El

Laminador (Figura 4) se puede observar la entrada a la cavidad y en la figura 4 visible el interior con los restos humanos). En esta cavidad se conocía la existencia de restos humanos que habían sido expoliados parcialmente por excavadores clandestinos. Los trabajos de excavación continúan actualmente, aunque se han recuperado restos pertenecientes a unos 23 individuos que corresponden a un sepulcro colectivo de época Calcolítica (entre 4.760 y 4.200 cal AP). Los restos localizados en capas superiores están removidos sin conexión anatómica en parte debido a la acción de los furtivos. Sin embargo, los restos de las capas inferiores están in situ, tal y como los dejaron en época Calcolítica. Este tipo de sepulcros eran utilizados por una comunidad a lo largo de diferentes años. Depositaban uno o varios cuerpos en el centro del sepulcro y, cuando tenían que depositar a otro individuo, apartaban hacia los laterales de la cavidad los restos anteriores y depositaban el nuevo cuerpo (Figura 5). Esto explica que haya algunos esqueletos en conexión anatómica aunque la mayoría estén mezclados.



Figura 4. Imagen perteneciente al Laminador, correspondiente con el entierro colectivo de época calcolítica. Yacimiento de la Sierra de Atapuerca.

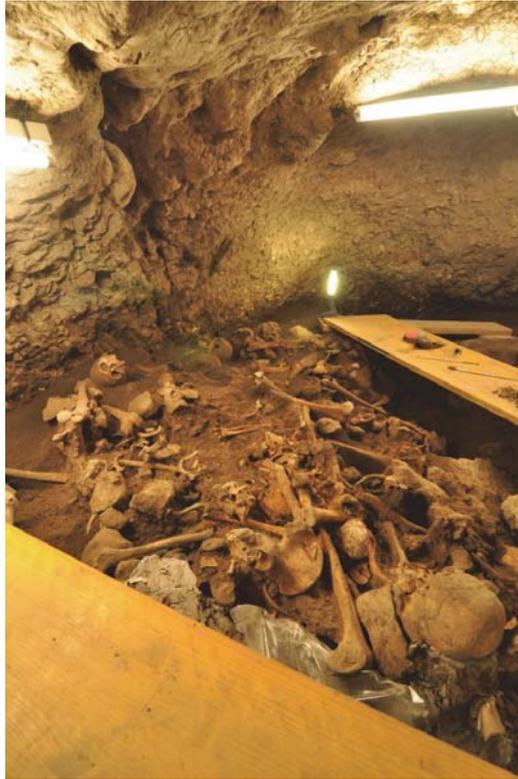


Figura 5. Restos arqueológicos del sepulcro colectivo.

3.- **Inhumación individual** de la Edad de Bronce localizada en el sector central estrato MIR 106 y con una datación del 3820- 3800 cal A.P (visible en figura 6). Además se han recuperado dos restos pertenecientes a otros dos individuos. Se trata de una mandíbula infantil y un fragmento maxilar de un adulto. En un principio se sospechaba que estos restos fragmentarios podrían estar asociados a los 6 individuos localizados en el sondeo de la Edad de Bronce, sin embargo a través de los análisis de ADN se ha confirmado dicha sospecha. Su asociación es positiva y ello se explica a la posibilidad que fueran desplazados en época antigua. De todos modos, esperamos que las próximas campañas de

intervención arqueológica, nuevas muestras sean capaces de aportarnos más datos.



Figura 6. Restos arqueológicos pertenecientes a la Inhumación Individual.

Los materiales que vamos a estudiar en el presente trabajo se centran en los restos de la Edad de Bronce y en los del sepulcro colectivo:

2.1.2.- RESTOS FÓSILES DE LA EDAD DE BRONCE

Los restos humanos procedentes del yacimiento de El Mirador se encuentran depositados en el IPHES (Institut Català de Paleoecologia Humana i Evolució Social) de Tarragona. Son restos arqueológicos con una cronología entre 4400-4.100 AP., es decir, pertenecientes a la Edad de Bronce. Poseen un buen estado de conservación aunque los restos óseos presentan una gran fragmentación debido a la práctica del canibalismo gastronómico que sufrieron. Por ello sólo el 9,4% de los restos están intactos (8).

En el momento del hallazgo los restos humanos se encontraban mezclados con restos óseos animales (8). El conjunto de restos dentales lo integraban diversos maxilares, mandíbulas y algunos dientes sueltos (Figura 7 y Figura 8). Se han contabilizado un número mínimo de individuos (NMI) de 6, entre los que se distinguen 5 adultos y 1 niño de 8 años identificado según el patrón de erupción dental.

La estimación del sexo de los individuos es siempre un problema complejo si no se nos permite conocer la variabilidad de la población representada. Además la determinación más fiable del sexo nos la dan los huesos pelvianos , sin embargo en numerosas ocasiones, los únicos restos suficientemente bien conservados se reducen al cráneo. Por ello la determinación del sexo y de la edad es prácticamente imposible de establecer en este caso, en el que el diagnóstico ideal sería el resultante de unificar toda la información disponible del conjunto del individuo.



Figura 7. Fragmento del Maxilar Superior del conjunto de la Edad del Bronce.



Figura 8. Fragmento Mandíbula Inferior del conjunto de la Edad de Bronce.

2.1.3.- CONJUNTO CALCOLÍTICO

Se trata de los restos hallados en los estratos MIR 201, MIR 202 y MIR 203. Una parte de la cueva conocida como el Laminador se utilizó como Sepulcro Colectivo, es decir, su función era la de albergar y acoger los difuntos. El entierro colectivo se caracteriza por no tener una diferenciación individual de cada resto fósil, sino que todos comparten el mismo recinto funerario (Figura 9 y 10). Por ello su estado de conservación es mayor. A pesar que existían fragmentos de hemimandíbulas inconexas, se realizó una laboriosa tarea de análisis e identificación hasta verificar las asociaciones positivas (Figura 11). De este modo se logró contabilizar un número mínimo de individuos (NMI) de 23 sujetos hasta el día de hoy.



Figura 9. Restos dentales y fragmento de Maxilar Superior inconexos procedentes del sepulcro colectivo del Calcolítico.



Figura 10. Posible asociación con Mandíbula Inferior. Restos procedentes del sepulcro colectivo.



Figura 11. Verificación con la oclusión y dentición mixta. Asociación positiva. Restos procedentes del sepulcro colectivo.

2.2.- ANATOMÍA Y MORFOLOGÍA DENTAL DE LOS MOLARES

Los molares maxilares y mandibulares colaboran en el desarrollo de su principal función, masticar y triturar los alimentos. Son los dientes más grandes y más fuertes de la arcada. La anatomía y morfología dental de los molares, aunque comparten rasgos comunes, muestran variaciones en su desarrollo según se trate de molares maxilares o mandibulares. Básicamente podremos diferenciar 2 molares maxilares o superiores y 2 molares mandibulares o inferiores.

Como características comunes de todos los molares, cabe destacar que aparecen en boca cuando el individuo aún es niño, alrededor de los 6 años, siendo los molares mandibulares los que preceden a los maxilares. No son dientes de sucesión ya que no tiene predecesor, sino que erupcionan por detrás del segundo molar temporal. Por su posición en la cavidad oral, su función y la importancia que presentan en la oclusión se les considera “piedras angulares” de las arcadas (9).

El diente está constituido por uno de los tejidos más calcificados del organismo, el esmalte. Esta capa externa totalmente mineralizada posee un metabolismo propio, por ello requiere un aporte constante de elementos que aporten y regulen su mecanismo fisiológico. De este modo el diente posee en su interior un tejido laxo, la pulpa dental, por donde discurren vasos y fibras nerviosas, es la cavidad pulpar. En esta cavidad pueden distinguirse tres partes anatómicas bien diferenciadas: cámara pulpar, conductos radiculares y ápice radicular. La cámara pulpar se sitúa en la corona del diente, el conducto radicular en la raíz y el ápice es la zona de transición cementaria entre el diente y el periodonto.

En el hombre actual se observa una corona de tamaño reducido en cuanto a su altura y unas raíces alargadas que se originan cerca del cuello del diente. Este estado es conocido bajo el nombre de *cinodontismo*. Sin embargo estudios dentales pertenecientes a la especie *Homo heidelbergensis* indican que la proporción entre longitudes de la cámara pulpar y conductos radiculares era casi

la misma. El desplazamiento del inicio de las raíces hacia apical en relación al cuello anatómico del diente se conoce como *taurodontismo*. En los restos dentales procedentes del yacimiento de Krapina (Croacia) pertenecientes a *Homo neanderthalensis* esta relación es aún más acentuada, con la cámara pulpar de mayor tamaño que los conductos radiculares, es lo que se denomina *taurodontismo extremo* (10).

2.2.1.- PRIMER MOLAR MAXILAR

El primer molar maxilar es uno de los dientes con mayor volumen y uno de los más complejos en cuanto a la anatomía de los conductos radiculares. En su corona se aprecian dos cúspides vestibulares y dos linguales o palatinas. Son 4 cúspides funcionales bien desarrolladas mesiovestibular (MV), distovestibular (DV), mesiopalatina (MP), distopalatina (DP) y una cúspide suplementaria de escasa importancia práctica denominada Tubérculo de Carabelli, aunque a nivel paleo antropológico ha sido de gran utilidad (ya que este carácter se ha utilizado para distinguir poblaciones).

Se caracteriza por disponer de tres raíces en el 100% de los casos (11): dos vestibulares (MV, DV) y una lingual o palatina (P) que forman un trípode. Todas ellas se encuentran bien desarrolladas y generalmente separadas entre sí por lo que tienen una gran resistencia y un buen anclaje contra las fuerzas que pudieran desplazarlo (Figura 12 y 13). Las raíces se encuentran mayoritariamente separadas aunque hay 2,71% en que se muestran fusionadas (1). La raíz palatina es la más larga, su forma es cónica y está suavemente redondeada. Es la raíz que tiene un mayor diámetro, puede poseer uno, dos o tres conductos radiculares. Esta raíz suele curvarse ligeramente hacia el lado vestibular en el tercio apical. La raíz mesiovestibular no es tan larga, aunque es más ancha vestibulo-lingualmente y la raíz distovestibular es la más pequeña de las tres.

Cuenta con 3 conductos radiculares en el 40% de los casos y con 4 el 60%. Si los citamos de mayor a menor se denominan conducto palatino (P), conducto mesio vestibular (MV) y conducto disto- vestibular (DV) (Figura 14). En determinadas ocasiones la raíz MV puede contar con uno, dos o tres conductos radiculares. Cuando cuenta con un solo conducto MV su forma es oval más o menos amplio en sentido VL; cuando existen dos o tres conductos son más circulares. Por último, el conducto mesiopalatino (MP) tiene una localización variable, en general tiene una posición mesial respecto a una línea dibujada entre el orificio MV y el palatino (12).



Figura 12. Restos de la Edad de Bronce ATA 00 MIR4 Q21 185.

Visible primer molar maxilar.

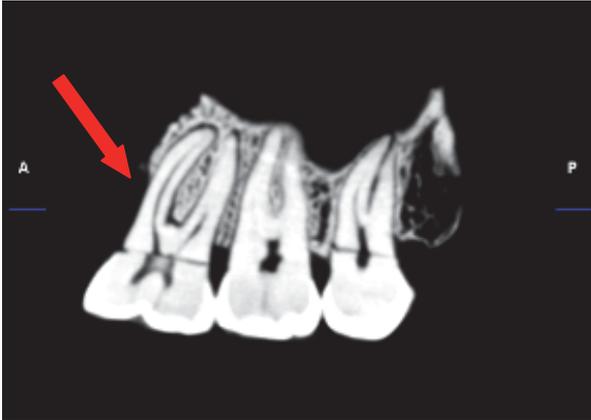


Figura 13. Imagen CBCT 1r molar superior. ATA 00 MIR4 Q21 185. Corte sagital.

A pesar de haber descrito anteriormente la conformación radicular más frecuente del primer molar maxilar, existen otras conformaciones como las que se muestran a continuación en la raíz MV:

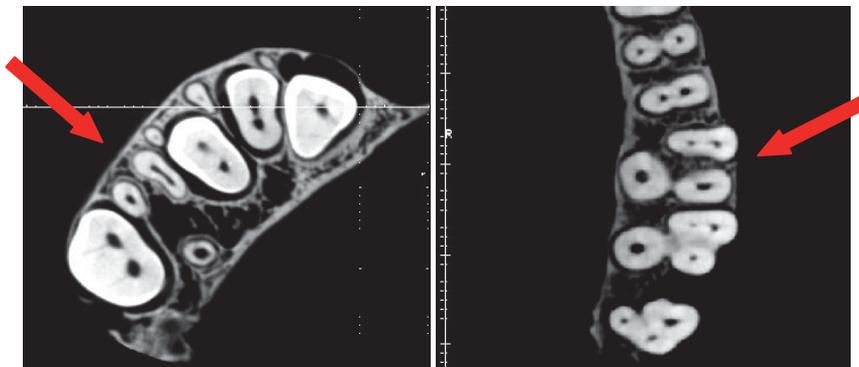


Figura 14. Variabilidad de los conductos radiculares en la raíz MV de un primer molar superior en visión oclusal. Restos fósiles del conjunto calcólico.

2.2.2.- SEGUNDO MOLAR MAXILAR

El segundo molar maxilar es muy parecido al primero si nos fijamos en la corona (Figura 15), aunque presenta ciertas diferencias si analizamos las raíces y los conductos radiculares. Sus raíces son más convergentes e incluso las podemos encontrar fusionadas. En cuanto a la longitud radicular es menor a la del primer molar y suelen ser menos curvadas.

Existe una mayor variabilidad en cuanto al número de raíces y aunque acostumbran a disponer de tres raíces separadas en el 82% casos, también las podemos encontrar con dos en un 9% de los casos o con raíz única en el 10% de los casos (13). Generalmente presenta un conducto radicular por raíz, aunque puede poseer dos o tres conductos mesio-vestibulares, uno o dos disto-vestibulares, o dos palatinos (Figura 16). La probabilidad que existan 4 conductos es menor en el segundo molar superior que en el primero. Los tres orificios principales son el MV, el DV y el P acostumbran a describir un triángulo y a veces casi una línea recta. Su disposición es más próxima entre sí en dirección mesial que el primer molar (12). De este modo podemos afirmar que el segundo molar maxilar posee un sistema en los conductos radiculares más complejo que el primer molar maxilar (13).



Figura 15. Resto de la Edad de Bronce ATA MIR4 Q 21 2.
Visible el segundo molar maxilar.

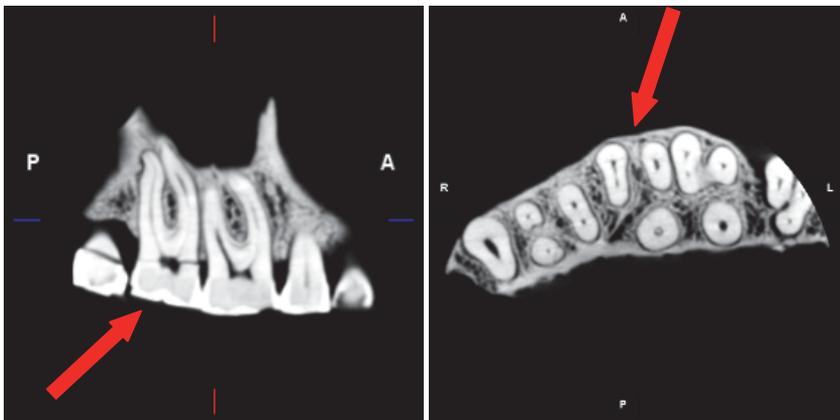


Figura 16. Corte CBCT 2 molar maxilar. ATA MIR4 Q 21 2.
Visión sagital y oclusal.

2.2.3.- PRIMER MOLAR MANDIBULAR

El primer molar inferior acostumbra a ser el primer molar definitivo en erupcionar (Figura 17). Por ello, y por verse sometido a grandes fuerzas oclusales, a menudo requiere tratamiento endodóntico. Generalmente posee 2 raíces, una mesial y otra distal, aunque nos podemos encontrar una raíz DL unida parcial o totalmente a la raíz distal denominándose radix entomolaris (14).

La mayoría de los primeros molares inferiores tienen dos raíces (M y D) con tres conductos radiculares (15, 16) (Figura 18), pero las variaciones en el número de raíces y en la conformación de los conductos radiculares no son infrecuentes (17). Destaca como variante principal, la aparición de una tercera raíz adicional, típicamente lingual, descrita por Carabelli (18) denominándose entomolaris radix (RE) (19). Esta raíz extra (DL) es típicamente menor que la raíz distovestibular y se muestra generalmente curvada. Su prevalencia varía según la etnia a la que pertenece la población estudiada, por ello en la literatura se describen diversos valores. Desde el 0.9% a 3.4% según en el estudio de una población nativa china (20) a un 5% en poblaciones caucásicas, africanas, euroasiática e india, mientras que la proporción aumentará de un 5 a un 40% en poblaciones con rasgos mongoloides y en poblaciones americanas (21-24).

En cuanto a la conformación radicular, el 56% de los primeros molares mandibulares posee tres conductos radiculares (MV, ML y D), un 43% dispone de cuatro conductos (MV, ML, DV y DL) y sólo 1% presenta dos (M y D) (25).



Figura 17. Resto de la Edad de Bronce ATA 99 MIR4 P22 n°205. Visible 1r molar mandibular.

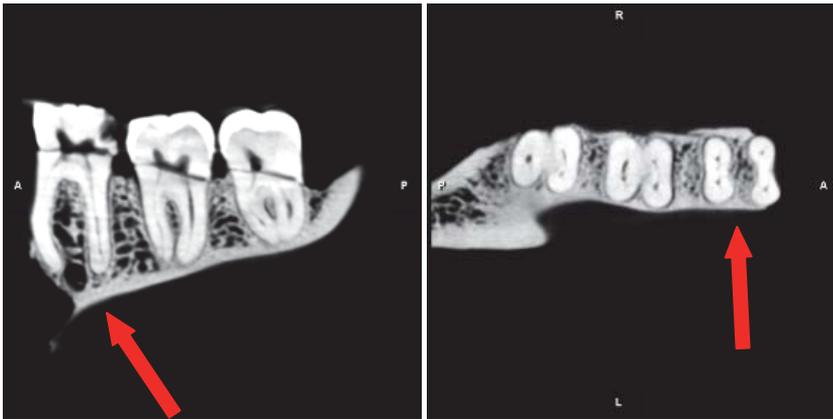


Figura 18. Imagen CBCT ATA MIR4 P22 205. Visible 1r molar mandibular en visión sagital y oclusal.

2.2.4.- SEGUNDO MOLAR MANDIBULAR

El segundo molar mandibular presenta una corona más pequeña que el primer molar mandibular siendo a su vez más simétrico (Figura 19). A nivel radicular cuenta con dos raíces separadas en el 76% de los casos, aunque a veces tienden a estar más próximas, e incluso podemos encontrarlas con los ápices unidos, describiendo una curvatura gradual hacia distal. Una característica específica del segundo molar mandibular es la presencia de raíces en forma de C, esto ocurre en el 29% de los casos según estudios de la población china (25).

La cámara pulpar y la longitud de los conductos radiculares son de un tamaño inferior al primer molar. Se caracteriza por tener generalmente 3 conductos (MV, ML y D) en el 46% de los casos y dos en un 38% (M y D) (Figura 20). Sin embargo podemos encontrar que la raíz mesial disponga de más de un conducto, diferenciándose entonces, cuatro conductos (25). Cuando las raíces son convergentes podemos distinguir conductos en forma de C en el 10% de los casos (Figura 21), mientras que en el resto de los casos presentarán un conducto único de forma cónica (26).



Figura 19. Resto perteneciente al sepulcro colectivo de época calcolítica. Fotografía de un fragmento mandibular perteneciente a ATA 09 MIR 203 R36 nº66.

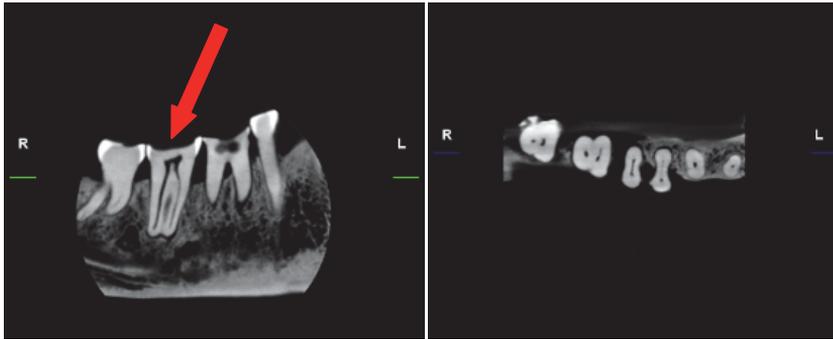


Figura 20. Imágenes de CBCT segundo molar mandibular. ATA 09 MIR 203 R36 nº66 en visión sagital y oclusal.

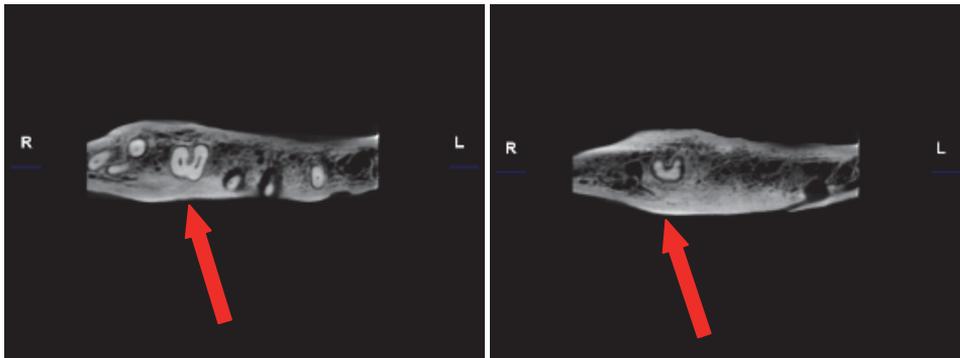


Figura 21. Imagen CBCT del resto fósil ATA 09 MIR 203 R36 nº66 con raíz en forma de C y dos conductos diferenciados (M y D). Visión oclusal.

2.2.5.- TERCEROS MOLARES Y PARAMOLARES

Los primeros molares tanto maxilares como mandibulares destacan por tener el mayor tamaño tanto a nivel coronal como radicular de entre el grupo de los molares. Así lo podemos describir como M1 › M2 › M3, es decir el tamaño de los molares decrece conforme avanzamos hacia distal. Esta misma norma la podemos aplicar a los paramolares o molares distales supernumerarios cuyas dimensiones se encuentran limitadas por la posición que ocupan en la cavidad oral (Figura 22 y Figura 23). El término supernumerario es el mismo que utilizamos en un artículo publicado sobre los mismos restos y lo pudiéndolo encontrar al final de la tesis a modo de anexo. Su anatomía y morfología externa e interna está condicionada y sujeta a una gran variabilidad, por lo que dificulta enormemente plasmar unos rasgos característicos de estos molares.

La conformación radicular varía, a pesar que las raíces tienden a la convergencia e incluso a su fusión. El número de conductos radiculares oscila entre uno, dos y tres conductos principalmente (Figura 24).

Entre los restos fósiles de la Cueva de El Mirador de la Sierra de Atapuerca, hemos encontrado un individuo con un cuarto molar. A pesar de no incluirlo en el estudio, lo hemos analizado por la particularidad que mostraba, publicándolo recientemente (3).



Figura 22. Resto procedente del conjunto calcólico ATA 2010 MIR 202 T35-17. Visible primer, segundo, tercer y cuarto molar.

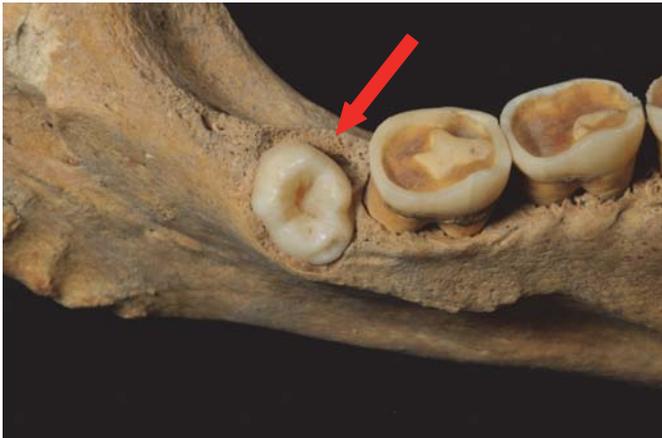


Figura 23. Fotografía lingual de ATA 2010 MIR 202 T35-17. Visible segundo, tercer y cuarto molar.

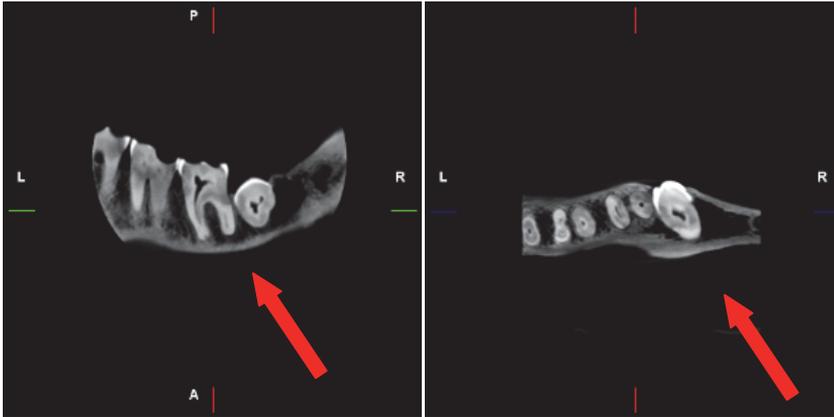


Figura 24. Imágenes CBCT de ATA 2010 MIR 202 T35-17. El tercer molar presenta un conducto único en ambas raíces, mientras que el cuarto molar describe un conducto único centrado. Visión sagital y oclusal

En este estudio, centrado en los conductos radiculares, hemos excluido los terceros molares y los paramolares puesto que son dientes que presentan una gran variabilidad anatómica además, difícilmente se someten a un tratamiento endodóntico debido a las limitaciones que muestra por su posición en la cavidad oral.

2.3.- ANATOMÍA DE LOS CONDUCTOS RADICULARES Y SU CLASIFICACION

El sistema de conductos radiculares está dividido en dos porciones: la cámara pulpar, localizada en la corona anatómica del diente, y el conducto (o conductos) radicular, localizado en la raíz anatómica. El conducto radicular empieza con un orificio en forma de embudo, generalmente en la línea cervical, y termina en el foramen apical, que se abre en la superficie de la raíz, en el centro del ápice radicular o a menos de 3 mm de él. En la mayoría de los casos, el número de conductos radiculares es igual al número de raíces, sin embargo una raíz oval puede presentar más de un conducto.

Conocer la anatomía y morfología de los conductos radiculares es un requisito básico para un buen diagnóstico y plan de tratamiento endodóntico (15, 21). Sabemos que existen numerosos estudios que describen las variaciones de la geometría de los conductos radiculares y su complejidad anatómica (27). Del mismo modo, reconocemos que un conducto cónico único con un solo foramen constituye una excepción en la conformación radicular, más que una regla. Así, se localizan múltiples forámenes, conductos adicionales, deltas, istmos o conexiones entre conductos, conductos en forma de C, furcaciones y/o conductos laterales en la mayoría de los dientes. Los molares, al disponer de varias raíces, poseen una conformación con un mayor número de conductos radiculares (1).

Se entiende por conducto radicular la comunicación entre la cámara pulpar y el periodonto que se dispone a lo largo de la zona media de la raíz (28). La compleja disposición de los diferentes conductos radiculares ha provocado la existencia de diferentes nomenclaturas comportando a veces, confusión entre los investigadores (29). Weine, Vertucci, Okumura son algunos de los autores que han ofrecido una sistematización en cuanto a la tipología de los conductos (30).

Las raíces de los dientes se presentan en tres formas principales:

1. Raíces simples: se identifican con dientes monorradiculares o plurirradiculares con raíces bien diferenciadas.
2. Raíces bifurcadas: cuando se dividen las raíces.
3. Raíces fusionadas: es la resultante de la unión entre dos o más raíces.

Tomando como referencia esta clasificación, Okumura propone su clasificación estableciendo 4 tipos de conductos radiculares y sus respectivas subdivisiones (31):

Tipo I: Conducto simple. Es el caso de una raíz simple o fusionada que presenta un solo conducto.

Tipo II: Conducto dividido. Es una raíz simple o dividida que ostenta los dos conductos bifurcados.

Tipo III: Conducto fusionado. En función de la fusión de las raíces, los conductos muestran una fusión semejante denominándose conductos total, parcial, o apicalmente fusionados, de acuerdo con el grado de fusión.

Tipo IV: Conducto reticular. Cuando más de tres conductos se establecen paralelos en una raíz y se comunican entre sí, se denominan conductos reticulares. Pueden darse en los tres tipos de raíces.

Weine clasificó los sistemas de conductos radiculares en 3 tipos independientemente del tipo de raíz (32).

- I. Un conducto y un foramen. El conducto discurre desde la cámara pulpar al ápice.
- II. Dos conductos y un foramen.
- III. Dos conductos con dos forámenes independientes.

Vertucci utilizando dientes extraídos en los que los sistemas de conductos radiculares habían sido teñidos con el colorante hematoxilina, encontraron un sistema de conductos mucho más complejo. Se llegaron a identificar ocho configuraciones del espacio pulpar que se pueden resumir en (15) (Figura 25) :

- Tipo I: Un conducto único que se extiende la cámara pulpar al ápice (1).
- Tipo II: Dos conductos separados salen de la cámara pulpar y se unen cerca del ápice para formar un conducto (2-1).
- Tipo III: Un conducto sale de la cámara pulpar y se divide en dos en la raíz; los dos conductos se funden después para salir como uno solo (1-2-1).
- Tipo IV: Dos conductos distintos y separados se extienden des de la cámara pulpar hasta el ápice (2).
- Tipo V: Un conducto sale de la cámara pulpar y se divide cerca del ápice en dos conductos distintos con forámenes apicales separados (1-2).
- Tipo VI: Dos conductos separados salen de la cámara pulpar, se funden en el cuerpo de la raíz y vuelven a dividirse cerca del ápice para salir como dos conductos distintos (2-1-2).
- Tipo VII: Un conducto sale de la cámara pulpar, se divide y después vuelve a unirse en el cuerpo de la raíz, y finalmente se divide otra vez en los conductos distintos cerca del ápice (1-2-1-2).
- Tipo VIII: Tres conductos distintos y separados se extienden desde la cámara pulpar hasta el ápice (3).

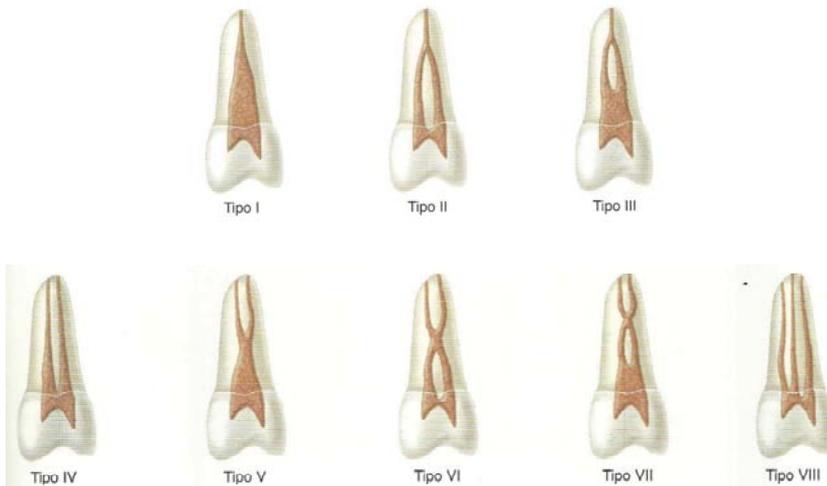


Figura 25. Clasificación Vertucci (33).

Tanto la clasificación de Weine como la de Vertucci han sido utilizadas en numerosos artículos de anatomía y morfología radicular. En ellos se hace referencia a la primitiva clasificación de Weine, mientras se demuestra que la de Vertucci es más compleja y extensa. De este modo, las limitaciones que presenta la clasificación de Weine, son compensadas con la clasificación más detallada de Vertucci según (34) y (35).

Por ello, por ser la clasificación de Vertucci la más completa y usada hasta la fecha, la tomaremos de referencia para analizar los conductos radiculares de nuestra muestra. Sin embargo, al estudiar los conductos con CBCT, observaremos como se multiplica la complejidad de la conformación radicular, surgiendo una nueva clasificación, la de Zhang, que analizaremos posteriormente.

2.4.- MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE LA ANATOMÍA INTERNA

Para poder analizar y describir la anatomía y morfología de los conductos radiculares, tanto in vitro como in vivo, se han utilizado diversas técnicas (36-38). Los primeros estudios de la topografía interna de un diente se han visto condicionados por la complejidad que presenta el estudio de conductos muy finos rodeados de una estructura densamente calcificada. Si nos remontamos a los primeros trabajos publicados aparecen con Carabelli (1844), Weld (1870), Tomes (1880), Baume (1890) y Muhltreiter (1891) son descripciones repletas de grandes rasgos respecto a la anatomía externa, pero debido a la falta de métodos son escasas las aportaciones sobre la anatomía interna. En 1900 aparecen los trabajos de Preiwerck el cual analiza internamente un diente rellenándolo con metal y utilizando la transiluminación. Entre 1902 y 1905 se avanza con los estudios de Black, Miller y Port mediante el segueteado de los dientes. En 1908 Fischer aplica un nuevo método que consiste en rellenar con celuloide disuelto en acetona, así obtiene los moldes de los espacios vacíos que conforman la estructura interna. En 1909 Diaulafe y Herpin utilizan los rayos X en dientes previamente exodonciados. En 1910 Eurasquin aplica la técnica de cortes histológicos en los dientes (10).

Otras técnicas con las que se estudiaron los conductos radiculares intentaron rellenar la cavidad pulpar con tinta china, con cinabrio mezclada con gelatina, con caucho e incluso introduciendo mercurio en la cámara pulpar y centrifugando el diente como lo hizo Dieck en 1911 realizando posteriormente radiografías periapicales para visulaizar la anatomía interna.

De este modo parece ser que el estudio de la anatomía interna y la conformación de sus conductos ha sido una constante. Diversos han sido los métodos empleados, pero todos giran en torno a un mismo concepto, la variabilidad y la complejidad de los conductos radiculares (39). De todos ellos la diafanización y el segueteado de los dientes han sido los más utilizados hasta la aparición de nuevas tecnologías como el TAC y el CBCT.

El sequeado de los dientes es una técnica invasiva en la que el diente tras ser limpiado y eliminado los restos de tejido y cálculo, es laminado en capas muy finas. A través de estas finas capas podemos observar la estructura del diente desde su capa más externa a la capa más interna. La conformación de la cámara pulpar y de los conductos radiculares se observan claramente pudiendo analizarlos y clasificarlos sin lugar a dudas. Se trata de un proceso rápido y sencillo pero que comporta la destrucción de la muestra.

El proceso de diafanización requiere una elevada manipulación de la muestra y por consiguiente, su deterioro. Se trata de eliminar el tejido pulpar y deshidratar el diente. Para ello se precisa descalcificarlo y posteriormente, con la ayuda del salicilato, obtener su transparencia total. El proceso finaliza inyectándole colorante en la cámara pulpar. Esta forma de analizar los conductos radiculares es muy gráfica, ya que el resultado final de la diafanización de un diente, permite observar con exactitud la conformación de los conductos radiculares. Sin embargo, este sistema no es practicable cuando la muestra objeto de estudio son restos fósiles humanos (26).

La principal ventaja de las técnicas de limpieza de los dientes naturales y el relleno de la cavidad pulpar radica en la obtención de una vista tridimensional de la cámara pulpar y sus conductos radiculares permitiendo su examen exhaustivo (33). Como desventaja de este sistema de estudio se encuentra a la hora de realizar este tipo de estudios asociados al relleno de conductos con material inerte y su descalcificación mediante un ácido fuerte es la pérdida de las estructuras externas a la pulpa. Bagherian y cols modificaron la técnica pero también observaron un deterioro de la muestra durante el proceso de descalcificación. Otra limitación se encuentra al aplicar el material de contraste como el azul de metileno con alta presión, su distribución desde el foramen apical y la cavidad pulpar debe realizarse con precisión si queremos observar correctamente los conductos radiculares. (40).

Pero, sin duda la radiografía ha sido el método más utilizado para determinar el número de conductos radiculares. El TAC y el CBCT se incorporaron posteriormente y por último y más recientemente el Micro-CT. Las nuevas

tecnologías han aumentado la fiabilidad y la precisión para la observación de la anatomía dental interna, siendo métodos que no implican la destrucción total o parcial de la muestra, algo especialmente relevante en el caso de las muestras arqueológicas. Por ello y por la importancia que muestran en esta tesis, las analizaremos posteriormente en un apartado especial.

2.4.1.- RADIOGRAFÍA PERIAPICAL

La radiografía periapical (RP) es un método de diagnóstico tradicional, difícilmente sustituible, puesto que es necesario para la prevención, el diagnóstico, para determinar un pronóstico y realizar un plan de tratamiento. Se trata de un método auxiliar de diagnóstico o una prueba complementaria pero no se puede establecer un diagnóstico de certeza basándose única y exclusivamente en la RP. La información que podemos obtener de una RP es extensa (senos maxilares, orificio mentoniano, lesiones apicales, ensanchamiento del ligamento periodontal, entre otros). Pero si nos centramos a nivel de la conformación de los conductos radiculares nos indica principalmente como es la anatomía pulpar de la pieza objeto de estudio.

Existen 4 factores que influyen en la imagen radiológica (10):

1. Kilovoltaje (Kv): Encargado de determinar la calidad de la radiografía o la capacidad de penetración de los rayos.
2. Miliamperaje (mA): Establece la cantidad de rayos X emitidos.
3. Tiempo de exposición.
4. Distancia del foco: la menor posible.

Los errores más frecuentes en la proyección de las radiografías son básicamente la subexposición o la sobreexposición, las diferencias en el funcionamiento del aparato de RX y la técnica de ejecución por una deficiente alineación de la película o por el movimiento del paciente.

Las técnicas utilizadas variarán en función de las radiografías de aleta de mordida, oclusales y periapicales, estas últimas RP, son las más utilizadas. Para obtenerlas se utilizan la técnica del paralelismo y la técnica de la bisectriz. En la primera, el posicionamiento de la película será paralela al eje del diente en ángulo recto respecto al cono de rayos, de este modo no se acorta ni se alarga la imagen. En la segunda el haz de rayos es perpendicular a la bisectriz formada entre el eje del diente y la película, comportando una distorsión de la imagen. En estudios comparativos entre ambas técnicas (paralelismo y bisectriz) se ha demostrado que una técnica es más apropiada que la otra en el diagnóstico de la patología periapical aunque en otros casos se afirma que la técnica del paralelismo con cono largo es mejor que la de bisectriz con cono corto (41).

La mayor limitación de la RP es que tan solo se observan dos dimensiones, faltando la dimensión vestibulo-lingual. Para conseguir esa visión debemos recurrir a la angulación en la proyección horizontal como vertical. La radiografía ofrece una realidad relativa, no es nunca una prueba concluyente y no debe considerarse como la última y definitiva al considerar un problema clínico (10) .

Otra limitación se encuentra en el procesado de la película. Este puede ser manual o automático. Si el revelado de la radiografía es manual nos podemos encontrar con errores en la obtención de la imagen por la aparición de manchas, impresiones dactilares, los rayos de luz que hayan penetrado en la cámara, exceso o defecto del tiempo de revelado. Todo ello comporta que la radiografía sea clara, oscura o esté contrastada de forma insuficiente.

Dosis efectiva de la radiación

Para obtener una correcta imagen la unidad radiológica dental debe posicionarse en un rango de 70 a 90 Kv. Cuanto menor sea el kilovoltaje mayor será la dosis sobre la piel del paciente. Las unidades deben contar con una filtración equivalente a 2,5 mm de aluminio con el fin de eliminar las radiaciones

de energía menor y que de este modo no las absorba el paciente. La colimación reduce el grado de exposición en la disminución del tamaño del haz de rayos X, a partir de un diafragma de plomo para que el haz no sea mayor de 7 cm sobre la superficie del paciente (42).

Por otro lado, la longitud del cono largo de entre 30-40 cm aumenta la distancia entre la fuente y la película. Los aparatos de cono corto, de 20 cm, producen una mayor divergencia de los rayos X incrementando la exposición del paciente. En resumen, podemos decir que la distancia entre el foco y el objeto debe ser la mayor posible, mientras que la distancia entre el objeto y la película debe ser la menor (43).

2.4.2.- TOMOGRAFÍA AXIAL COMPUTERIZADA

La aparición de la tomografía axial computerizada o TAC dental supuso una gran ventaja en el estudio de la anatomía y morfología interna dental. Con sólo un disparo, es decir, con una única exploración, es capaz de generar imágenes tridimensionales de estructuras dentales internas, huesos, nervios, tejido blando, vasos sanguíneos, entre otros. Se trata de un medio diagnóstico que de la misma manera que los rayos X tradicionales, producen imágenes y fotografías del cuerpo objeto de estudio, pero con una mayor resolución debido a su alta calidad.

El paciente se posiciona previamente a la exploración. Durante el examen un haz cónico del brazo en forma de C de la máquina, rota alrededor de la cabeza del paciente, describiendo un movimiento de 360 grados. Las imágenes obtenidas desde los diferentes ángulos son reconstruidas mediante un software para crear una única imagen en 3D.

Entre las ventajas del TAC destaca que con una sola exploración se consigue una amplia información, pudiendo ser manipuladas las imágenes desde

diferentes ángulos. Esta información es más amplia que la proporcionada por los equipos de radiología convencionales.

2.4.3.- CONE BEAN COMPUTER TOMOGRAPHY

El Cone Bean Computer Tomography (CBCT) apareció a finales de 1990 con un objetivo claro: realizar exploraciones tridimensionales del esqueleto maxilofacial a una dosis de radiación inferior a la tomografía computarizada (TC) o tomografía convencional (44). La principal diferencia entre el CBCT y el TC es que todo el volumen tridimensional de datos es obtenido en el transcurso de un solo barrido del escáner, usando una relación sencilla y directa entre el sensor y la fuente que giran a la vez, de forma sincronizada alrededor de la cabeza del paciente.

Según las características del CBCT utilizado, la fuente de rayos X y el detector giran entre 180° y 360° alrededor de la cabeza del paciente. Además en el CBCT el paciente puede posicionarse de pie o sentado. El haz de rayos X tiene forma de cono y captura un volumen cilíndrico o esférico de datos, descrito como el campo de visión (45). El tamaño del campo de visión puede variar en función del modelo. De este modo, los de gran volumen como por ejemplo, el i-CAT Imaging Sciences International, Hatfield, PA, USA y el NewTom 3G, QR, y el Verona, Italy, capturan la totalidad del esqueleto maxilofacial. Aunque en algunos de ellos se puede acotar la altura del campo de visión para delimitar sólo el maxilar superior o la mandíbula, reduciendo considerablemente la dosis de radiación recibida por el paciente. Por otro lado, los dispositivos de volumen limitado como es el caso del 3D Accuitomo, J Morita Corporation, Osaka, Japan y el ProMax 3Ds, Planmeca OY, Helsinki, Finlandia tan sólo pueden capturar 40 mm de alto por 40 mm de diámetro del volumen de datos.

El tiempo de exposición del CBCT se encuentra entre los 10 y los 40 segundos dependiendo del tipo de escáner y de los parámetros seleccionados

principalmente. La emisión de rayos X en estos aparatos es pulsada de manera que el tiempo de exposición real es una fracción de este (de 2 a 5 segundos). Esto da lugar a un máximo de 580 “mini exposiciones” o “imágenes de proyección” durante el curso de la exploración. Esta característica destaca por encima de TC (emisión constante) por lo que el CBCT permite una reducción importante de la radiación y un tiempo de escaneado inferior (46)

El tratamiento de las imágenes y los datos registrados se lleva a cabo mediante un determinado software. Cada proyección de la imagen compone una matriz de píxeles consistente en 262 144 (512 x 512) píxeles. El conjunto de datos obtenidos del CBCT lo forman unos 580 matrices individuales aproximadamente, que posteriormente son reconstruidos en datos tridimensionales de unos 100 millones de vóxeles. La composición de la nueva imagen se realiza en pocos minutos. El mejorar la resolución dicha imagen, comportará un aumento de 2 o 3 veces la exposición de la radiación (47).



Figura 26.- Planmeca Promax 3D (CBCT utilizado en el estudio).

Los cortes tomográficos son delgados como el espesor de un vóxel (80-400µm), y pueden observarse en planos diferentes. Podemos escoger visualizar los tres planos a la vez en la misma pantalla (axial, sagital y coronal), lo que permite al clínico conseguir una vista efectivamente tridimensional. Mediante el movimiento del cursor sobre una de las imágenes se modifican inmediatamente los otros cortes reconstruidos posicionándose automáticamente en el mismo punto en el que el cursor lo ha determinado. A través de las reconstrucciones multiplanares, se podrá seleccionar cualquier punto de vista. La calidad de imagen del CBCT es mayor a la TC y lógicamente a la RP ante la valoración de estructuras como el hueso esponjoso, el ligamento periodontal, la lámina dura, el esmalte, la dentina y la pulpa.

En la actualidad el CBCT es una herramienta tecnológica emergente puesto que, la imagen tridimensional que obtenemos de él, nos ofrece un abanico de posibilidades tanto en el diagnóstico como en el tratamiento endodóntico. Una de sus grandes ventajas, respecto al CT tradicional, es que con una baja radiación se obtiene una alta definición de imagen (13, 45). Lesiones poco definidas y con una enorme dificultad de ser diagnosticadas con una radiografía convencional consiguen ser detectadas con el CBCT. Se facilita el diagnóstico de lesiones periapicales, lesiones debidas a la inflamación pulpar, facilita la visualización del número y la topografía de los conductos radiculares, fracturas radiculares y rabsorciones (48). De este modo podemos observar desde una lesión apical, realizar múltiples mediciones, comprobar detalles de los conductos radiculares, estudiar la morfología radicular que son de vital importancia no sólo para el tratamiento endodóntico, sino aplicable también al análisis antropológico (15, 21, 49). Otra ventaja a destacar es que su hardware (fuente de rayos x y detector de imagen) es muy sencillo, y por lo tanto, reduce el coste económico ante otros sistemas como la Tomografía computerizada (TC) (50).

El CBCT ha revolucionado el diagnóstico y el tratamiento en muchos campos, también en la especialidad de endodoncia con el análisis de conductos radiculares, patologías apicales, conformación cámara pulpar, entre otros. Además cada vez se incrementa el número de profesionales que utilizan este

dispositivo para establecer diagnósticos y planificar un adecuado plan de tratamiento (47, 51).

Dosis efectiva de radiación

Una de las principales ventajas del CBCT es que el paciente recibe menos dosis de radiación efectiva incluso menor que el TC. En general podemos afirmar que puede ser tan baja como la de una radiografía panorámica, y considerablemente inferior a la de una TC o equivalente en magnitud a dos o tres RP (45).

Los escáneres de volumen limitado, diseñados para capturar la información a partir de una pequeña región del maxilar superior o de la mandíbula tal y como hemos citado anteriormente, producen una dosis efectiva más baja que los dispositivos que captan todo el esqueleto maxilofacial. Así, si nuestro objetivo es obtener la imagen de un, dos o tres dientes, estará indicado el uso del CBCT de volumen limitado.

Sin embargo, en este apartado y puesto que nuestra muestra objeto de estudio son restos fósiles, no vamos a profundizar en la comparación de dosis efectiva de radiación entre las diferentes fuentes. Aunque el CBCT que hemos utilizado para realizar esta tesis es un escáner de volumen limitado (ProMax 3Ds; Planmeca OY, Helsinki, Finlandia) para capturar la información de una pequeña región con una dosis de radiación alrededor de los 100 μ Sv (52).

Limitaciones del CBCT

Dos de los principales problemas del CBCT en relación a la calidad de la imagen y a la precisión diagnóstica son la dispersión y los artefactos que se pueden producir por estructuras vecinas de alta densidad, tales como el esmalte, los

postes metálicos y determinadas restauraciones (53). Cuando la muestra a estudiar es in vivo y este tipo de artefactos se encuentran próximos al diente a evaluar, la imagen puede perder mucha información diagnóstica. No obstante, nuestra muestra es virgen al no contener restauraciones, ni prótesis metálicas, que pudieran alterar la resolución de las imágenes.

2.4.4.- MICROTOMOGRAFÍA COMPUTERIZADA

Nuevas tecnologías como el micro-computed tomography o μ CT (micro-CT) se han aplicado recientemente al estudio de los conductos radiculares. Se trata de una tecnología muy prometedora puesto que es precisa y permite identificar estructuras que no se visualizan en las radiografías convencionales.

El Micro-CT emite un haz muy fino de rayos X que incide sobre el objeto que se estudia y parte de este lo atraviesa. La radiación que no ha sido absorbida por el objeto, en forma de espectro, es recogida por los detectores. Posteriormente el emisor del haz, cambia su posición, y vuelve a realizar el proceso anterior hasta abarcar todo el objeto. El ordenador transforma todos los datos recogidos por los detectores, en un conjunto de imágenes axiales de gran tamaño y alta definición. La adquisición de datos no es destructiva, por ello es una técnica conservacionista y no invasiva, que permite el examen rápido de las características morfológicas de un diente. Las mejoras aplicadas en el software y hardware han comportado la reducción del espesor del corte del rango convencional del CT (de 1,5mm aproximadamente) a los del sistema micro CT de 81 micras, 34 micras, y el 12,5 μ m 66-68 (29).

Los cortes de alta resolución, nos muestran la estructura interna, permitiéndonos la evaluación anatómica virtual y el análisis morfométrico, de forma muy precisa, de muestras de pequeño tamaño. Además a partir de las imágenes 2D, podemos recrear los modelos en 3D, logrando una reconstrucción digital del

objeto, permitiendo análisis morfológico, y la observación de formas en las muestras de reducido tamaño por ello en determinadas ocasiones se las rodea de un bloque de cera (39). La imagen resultante será siempre de color negro.

En los últimos años tanto el CBCT como el micro-CT han jugado un papel destacado en los estudios de anatomía y morfología radicular (14, 45, 46, 54-56). El MicroCT proporciona una elevada precisión en la formación de imágenes de estructuras dentales internas, aunque en determinados estudios como el análisis de las muestras arqueológicas, se encuentra limitado por la capacidad de la cámara donde se introducen las muestras. Este condicionante comporta que sólo se puedan escanear las muestras de pequeño tamaño, alcanzando como máximo aproximado 14cm de alto y 6cm de ancho. Por ello los dientes objeto de nuestro estudio que forman parte de restos maxilares y mandibulares con un tamaño similar o mayor tales como un maxilar sujeto al cráneo o una mandíbula completa, no pueden ser analizados por este método. Además el elevado coste económico de los análisis con micro-CT impide el que se pueda realizar de forma sistemática con todos los restos.

Hipótesis

3.- HIPÓTESIS

Hipótesis nula (H₀): La conformación de los conductos radiculares presenta características comunes en el *Homo sapiens* y no ha sufrido modificación con el paso de los años al tratarse de la misma especie.

Hipótesis alternativa (H₁): La conformación de los conductos radiculares presenta características comunes en el *Homo sapiens* y ha sufrido modificación con el paso de los años a pesar de tratarse de la misma especie.

Objetivos

4.- OBJETIVOS

4.1.- OBJETIVO GENERAL

Examinar los conductos radiculares de los molares permanentes pertenecientes a los restos fósiles humanos encontrados en la Cueva de El Mirador que forma parte del conjunto de yacimientos de la Sierra de Atapuerca (Burgos). Con el objetivo principal de determinar si la población ha sufrido en su anatomía y morfología dental interna alguna modificación. La metodología utilizada para ello estará basada en el análisis de las imágenes obtenidas mediante CBCT.

4.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1.- Evaluar el número de raíces de los molares maxilares y mandibulares mediante la tomografía computerizada de haz cónico.
- 2.- Examinar el número de conductos presentes en los molares maxilares y mandibulares mediante la tomografía computerizada de haz cónico.
- 3.- Determinar la conformación de los conductos radiculares según la clasificación de Vertucci y de Zhang.

Material y métodos

5.- MATERIAL Y MÉTODOS

Se ha estudiado un total de **54 primeros y segundos molares** de los cuales 21 corresponden a molares maxilares (13 primeros molares y 8 segundos molares) y 33 a molares mandibulares (17 primeros molares y 16 segundos molares). El número mínimo de individuos es de 18 individuos de ambos sexos en la Cueva de El Mirador de la Sierra de Atapuerca (España). Recientemente han aparecido 5 individuos más en el sepulcro colectivo, y aunque no los hemos incluido en la tesis por la imposibilidad de añadir datos a tiempo, abren la posibilidad a nuevos estudios más completos. Esta cueva se encuentra en la ladera sur de la Sierra de Atapuerca, cerca de la ciudad de Burgos (España), y forma parte de el sistema kárstico de la Sierra, donde se ha documentado presencia humana desde el Pleistoceno Inferior hasta la actualidad (6, 7). La datación es entre el 4.760 y 4.000 cal AP, correspondiente al Calcolítico y a la Edad de Bronce. Se trata de restos fósiles humanos pertenecientes a una población de *Homo sapiens*, cuya morfología externa no muestra grandes diferencias respecto al hombre actual.

En la Cueva de El Mirador han sido recuperados tres conjuntos de restos humanos. La muestra más antigua es una sepultura común o colectiva que data del periodo Calcolítico (4.760-4.200 cal AP). El trabajo de campo se encuentra todavía en proceso, pero por el momento se ha confirmado un número mínimo de 23 individuos representados. La otra muestra recuperada en la Cueva de El Mirador pertenece a un número mínimo de seis individuos (de ambos sexos) de la Edad del Bronce (4,400-4,100 cal BP) (8). Finalmente, se ha recuperado un enterramiento individual de una adolescente datado en la Edad de Bronce, en torno a los 4.200 cal AP. Como las tres poblaciones son *Homo sapiens* y su morfología es similar, no han mostrando diferencias entre ellas, en este estudio vamos a considerarlas como una sola población (Anexo I: muestra sujeta a estudio).

En un primer momento se ha examinado cada uno de los restos hallados en las diferentes campañas arqueológicas del yacimiento de la Cueva de El Mirador (Sierra de Atapuerca). Se ha registrado, verificado y analizado cada pieza dental una a una. Cuando hemos hallado fragmentos como hemimandíbulas, fracciones óseas dentales y/o dientes sueltos, se las ha examinado minuciosamente hasta ser capaces de asociarlas a un individuo concreto. En algún caso, la asociación de fragmentos ha hecho imprescindible una restauración de los restos. La asignación de individuos no es una tarea sencilla ya que los restos aparecen mezclados e inconexos en el propio sepulcro colectivo. En la mayoría de ocasiones sólo se ha podido realizar a través del material dental exclusivamente. La mezcla de los restos arqueológicos pertenecientes a varios individuos ya en el yacimiento, se explica debido a la propia dinámica de enterramiento que implica este tipo de sepulcro colectivo. Por ello se comprende que en alguna ocasión se amontonaran los restos de varios individuos para aprovechar el espacio sepulcral, y con el paso del tiempo, restos de un mismo individuo se hayan encontrado a la hora de ser excavados en dos estratos diferentes (Figura 27, Figura 28).



Figura 27. Fragmentos maxilares ATA 00 MIR4 Q 21 204 y ATA 99 MIR4 P22 nº154, pertenecientes a un niño de 8 años. Restos de la edad de Bronce.

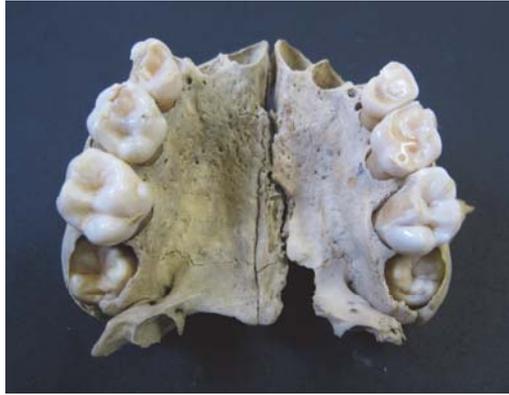


Figura 28. Fragmentos maxilares ATA 00 MIR4 Q 21 204 y ATA 99 MIR4 P22 nº154 tras restauración. Restos fósiles del conjunto perteneciente a la Edad de Bronce.

De este modo se ha confeccionado, en un primer momento, un primer listado identificando el número de individuo y las particularidades de cada resto fósil. Del mismo modo, como el objetivo principal de este estudio son los molares, se ha observado el número de raíces, conformación radicular y se los ha clasificado siguiendo Vertucci y Zhang principalmente. En el protocolo de estudio seguido se pueden distinguir distintos apartados entre los que se encuentran el análisis de los restos arqueológicos; la confección de una ficha de registro de cada resto fósil (Anexo II); y la exploración de las imágenes obtenidas en el CBCT.

El conjunto de restos dentales incluía tanto individuos de dentición decidua como individuos que poseían dentición permanente, es decir el grupo lo formaban niños de corta edad cuya dentición es decidua, niños con dentición mixta y adultos lógicamente con dentición permanente. El objetivo de la tesis es el estudio de los conductos radiculares de los molares permanentes, puesto que son éstos los que presentan un sistema de conductos radiculares más numerosos y complejos. Así, una primera selección a la hora de elegir la muestra a estudiar, es la de descartar toda la dentición decidua, desestimar los

incisivos, caninos y premolares, centrándonos básicamente en los molares tanto maxilares como mandibulares. Por último se han excluido también del estudio los primeros y segundos molares que no tuvieran completado el cierre apical, además de los terceros molares, debida a su elevada variabilidad anatómica, y un cuarto molar presente en una mandíbula correspondiente a las siglas ATA 10 MIR 202 T35 nº 17.

5.1.- EXPLORACIÓN DE LOS RESTOS ARQUEOLÓGICOS EN EL CBCT

Todas las muestras se analizaron mediante un CBCT (Planmeca ProMax 3D, Fadente, Helsinki, Finlandia). Los parámetros determinados fueron:

- 80 kV y 5.0 mA
- Exposición de 18 segundos
- Campo de visión 5x8cm
- Tamaño del voxel: 0.125 mm
- Cortes de 1.0mm.

El escáner se utilizó siguiendo los protocolos que indica el fabricante. Tanto el CBCT como el tratamiento de las imágenes (mediante el visualizador de imágenes Romexis, Fadente, Helsinki, Finlandia) se realizaron en la Universitat Internacional de Catalunya (Sant Cugat del Vallés, Barcelona, España).



Figura 29. Posicionamiento resto arqueológico en CBCT.



Figura 30. El resto fósil se sitúa en el centro del volumen del CBCT.

Tras la exposición de la muestra al CBCT (Figuras 29 y 30), la imagen deriva al software por lo que con la ayuda del visualizador se analiza la muestra.

5.2.- EVALUACIÓN DE LAS IMÁGENES

Las imágenes obtenidas se monitorizaron y examinaron usando el software Romexis de Planmeca. El análisis de las imágenes obtenidas en los CBCT y la clasificación de Vertucci se ha realizado de forma individualizada entre 3 expertos: dos odontólogos especializados en endodoncia en exclusiva y un odontólogo especialista en odontología forense. Para ello se les hace entrega de una tabla con las siglas de cada resto arqueológico y deberán determinar de cada pieza dental el número de raíces, el número de conductos, la presencia o ausencia de algún conducto en forma de C, la clasificación de Vertucci y la presencia o ausencia de istmos.

Se realiza un examen minucioso de cada resto arqueológico a través de las imágenes obtenidas con el CBCT. Identificando cada conducto radicular y clasificándolo según Vertucci. Para este fin se reúnen tres examinadores (dos expertos en endodoncia y un odontólogo generalista con conocimientos en arqueología) que visualizaran, y determinarán las características específicas de la conformación de los conductos radiculares en cada resto. En caso de disparidad en la tipificación de alguna muestra, se examina de manera conjunta hasta llegar a un consenso.

Como se ha explicado anteriormente, las variaciones sobre la morfología en los conductos radiculares que no se podían clasificar según Vertucci, se siguió la clasificación de Zhang et al.(Figura 34) y de Turner (57).

5.3.- VARIANTES DE ZHANG

A pesar de ser la Clasificación de Vertucci la más seguida y utilizada a la hora de determinar la conformación de los conductos radiculares (30, 34, 58), diversos autores entre los que se encuentra Zhang proponen una variante alternativa tras examinar su muestra con el uso del CBCT (13, 25). Con la incorporación de las nuevas tecnologías y el análisis de los resultados se muestra una conformación de los conductos radiculares más complejos de lo que determinaron Weine y Vertucci en su momento. Mediante la observación y la exploración de las imágenes tridimensionales se han registrado conductos accesorios, diversas conexiones entre canales radiculares, variaciones en el número de conductos y diversidad en los forámenes apicales principalmente (35).

Nosotros también tendremos presente estas nuevas variantes adaptándolas a nuestro estudio.

Cada variante describe el recorrido que sigue el conducto radicular en cada raíz. Diferenciaremos, de este modo, las variantes maxilares de las mandibulares, puesto que el número de raíces y la trayectoria del conducto son diferentes en cada caso (Figura 31).

Variante para molares maxilares

Variante 1: Tres raíces separadas, MV, DV y lingual o palatina, cada una con un único conducto.

Variante 2: Tres raíces separadas con un conducto en la raíz DV y lingual y dos en la MV. La raíz MV sigue la clasificación de Vertucci.

Variante 3: Dos raíces separadas, V y L, cada una con un conducto.

Variante 4: Dos raíces separadas, Mesial y Distal, con un conducto en cada raíz.

Variante 5: Una raíz con un conducto único.

Variante 6: Una raíz con dos conductos.

Variante 7: Una raíz con tres conductos.

Variante 8: Tres raíces separadas con un conducto en MV y L, y dos conductos en DV.

Las variantes de 3 a 8 no fueron identificadas en la muestra estudiada (13).

Variantes para molares mandibulares

Variante 1: Dos raíces separadas, la raíz mesial (M) y la distal (D), con un conducto en cada una.

Variante 2: Dos raíces separadas, con un conducto en la raíz mesial (M) y dos conductos en la raíz distal (D).

Variante 3: Dos raíces separadas, con dos conductos en la raíz M y un conducto en la raíz D.

Variante 4: Dos raíces separadas, con dos conductos en la raíz M y dos conductos en la raíz D.

Variante 5: Tres raíces separadas, la M, DV y DL, con un conducto en cada raíz.

Variante 6: Tres raíces separadas, con dos conductos en la raíz M, y un conducto en la raíz DV y DL.

Variante 7: Cuatro raíces separadas, MV, ML, DV y DL con un conducto en cada raíz.

Variante 8: Una raíz con un conducto único.

Variante 9: Una raíz con dos conductos.

Variante 10: Una raíz con tres conductos (25).

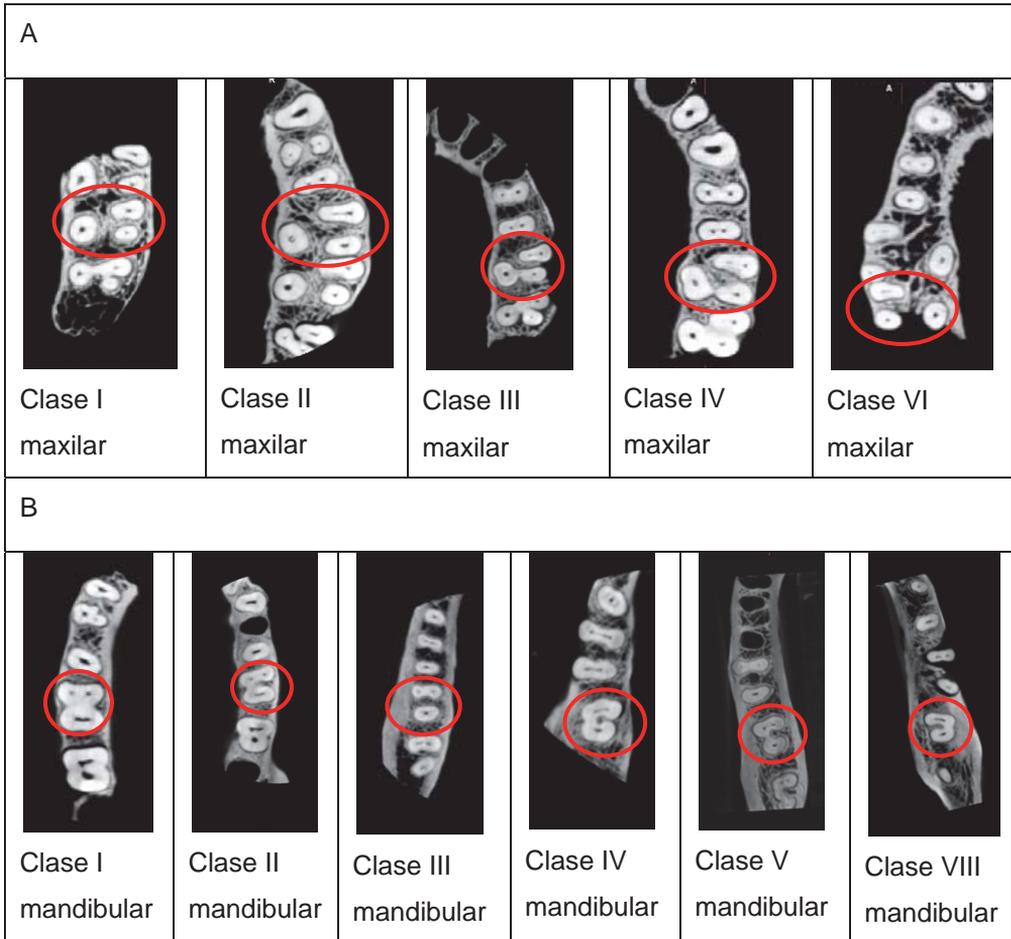


Figura 31. Imágenes en 3D del CBCT donde se muestran las categorías de Zhang en los molares maxilares y mandibulares.

Resultados

6.- RESULTADOS

Molares Maxilares

El 100% de los molares maxilares, tanto primeros como segundos molares, poseen 3 raíces separadas en la muestra estudiada. En cuanto al número de conductos radiculares, el primer molar maxilar presenta 4 en el 92,31% de los casos y 3 conductos en el 7,69% restantes. La raíz MV describe en su mayor parte una morfología tipo II según la clasificación de Vertucci (76,92%), seguida de la tipo I (7,69%), tipo III (7,69%) y tipo IV (7,69%), mientras que la raíz DV y la P es en todos los especímenes de tipo I.

En el segundo molar maxilar, encontramos una frecuencia del 75% de los molares que poseen 4 conductos y un 25% de la muestra 3. El tipo II de Vertucci es la morfología más común que se repite en la raíz MV (57,14%), seguida del tipo I (28,57%), el tipo III (14,29%) y el tipo VI (14,29%). El tipo I fue en el 100% de los molares el único tipo encontrado en las raíces DV y P.

La tabla 4 muestra la anatomía de los conductos radiculares según la clasificación de Zhang y la tabla 5 el número de raíces y número de conductos según la clasificación de Vertucci.

Número y porcentaje de molares							
Variante	1	2	3	4	5	6	7
Primer Molar	8	1	4	1	2	1	-
Mandibular	(47,06%)	(5,88%)	(23,53%)	(5,88%)	(11,76%)	(5,88%)	-
Segundo Molar	6	-	1	-	-	-	3
Mandibular	(37,5%)	-	(6,25%)	-	-	-	(18,75%)
Variante	8	9	10	11	12	13	Total
Primer Molar	-	-	-	-	-	-	17
Mandibular	-	-	-	-	-	-	(100%)
Segundo Molar	1	1	1	1	1	1	16
Mandibular	(6,25%)	(6,25%)	(6,25%)	(6,25%)	(6,25%)	(6,25%)	(100%)

Tabla 4. Distribución y porcentajes de las diferentes categorías. Según Zhang y cols. en la anatomía radicular de los primeros y segundos molares mandibulares.

Diente	Espécimen	Número de raíces	Número de conductos	Raíces	Clase I	Clase II	Clase III	Clase IV	Clase V	Clase VI	Clase VII	Clase VIII
Primer Molar Maxilar	13	3 (100%)	3 (7,69%)	MB	1 (7,69%)	10 (76,92%)	1 (7,69%)	1 (7,69%)	-	-	-	-
			4 (92,31%)	DB	13 (100%)	-	-	-	-	-	-	-
				P	13 (100%)	-	-	-	-	-	-	-
Segundo Molar Maxilar	8	3 (100%)	3 (25%)	MB	2 (28,57%)	4 (57,14%)	1 (14,2%)	-	-	1 (14,2%)	-	-
			4 (75%)	DB	8 (100%)	-	-	-	-	-	-	-
				P	8 (100%)	-	-	-	-	-	-	-
Primer Molar Mandibular	17	2 (100%)	3 (47,06%)	M	-	14 (82,35%)	1 (5,88%)	2 (11,76%)	-	-	-	-
			4 (52,94%)	D	9 (52,94%)	6 (35,2%)	2 (11,76%)	-	-	-	-	-
				M2	-	-	-	-	-	-	-	-
			D2	-	-	-	-	-	-	-	-	
Segundo Molar Mandibular	16	1 (12,50%)	3 (61,25%)	M	2 (12,5%)	9 (56,25%)	3 (18,75%)	-	1 (6,25%)	-	-	-
			4 (18,75%)	D	13 (81,25%)	1 (6,25%)	-	1 (6,25%)	-	-	-	-
			3 (6,25%)	M2	2 (100%)	-	-	-	-	-	-	-
			D2	1 (100%)	-	-	-	-	-	-	-	1 (100%)

Tabla 5. Frecuencia del número de raíces y la clasificación radicular de Vertucci observados en el conjunto Calcolítico y de la Edad de Bronce del yacimiento de Atapuerca (Burgos).

Molares Mandibulares

Todos los primeros molares mandibulares muestran dos raíces con tres (47,06%) o cuatro (52,94%) conductos. La raíz mesial del primer molar mandibular presentan diferentes tipos de la clasificación de Vertucci: tipo II (82,35%), tipo III (5,88%) y tipo IV (11,76%). La raíz distal muestra tipo I (52,94%), tipo II (35,29%) y tipo III (1,76%).

Los segundos molares mandibulares pueden tener una (12,5%), dos (75%), tres (6,25%) o cuatro (6,25%) raíces y dos (81,25%) o tres (18,75%) conductos (Figura 32 y 33). Según la clasificación de Vertucci el tipo más común en la raíz mesial es el tipo II (56,25%), seguida del tipo III (18,75%), tipo I (12,5%) y el tipo V (6,25%), mientras que la raíz distal muestra el tipo I (81,25%), tipo II (6,25%) y el tipo IV (6,25%). En los dos especímenes con dos raíces mesiales, la segunda raíz mesial posee una configuración tipo I. El espécimen con dos raíces distales y dos raíces mesiales muestran dos raíces accesorias de tipo I. El segundo molar mandibular con una única raíz y tres conductos se clasifica como tipo VIII de Vertucci.



Figura 32.- Resto del sepulcro colectivo MIR201- Q37-57.

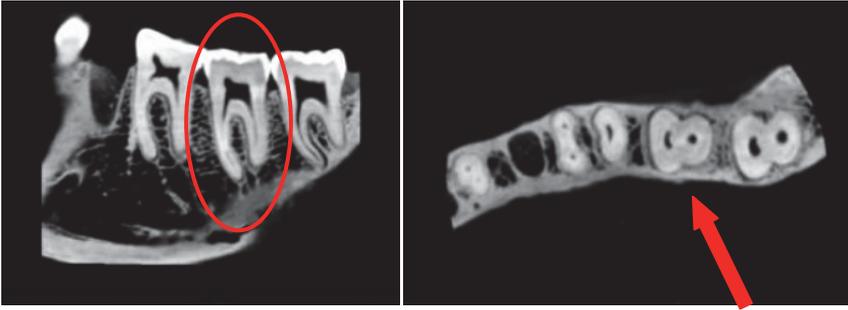


Figura 33. Imagen CBCT de una Mandíbula (MIR201- Q37-57) perteneciente a un individuo adulto femenino del sepulcro colectivo. Vista sagital y oclusal.

Se identifican dos casos de raíces fusionadas (12,5%) en los segundos molares aunque los conductos eran independientes.

Discusión

7.- DISCUSIÓN

En la literatura científica se describe que en la anatomía y morfología interna radicular de los molares existen variaciones en la forma. Del mismo modo se enumera la posible metodología utilizada para la evaluación de los mismos. Estudios recientes determinan que el Micro CT es un método importante y no invasivo para el estudio de los conductos radiculares (59, 60). Sin embargo, como se ha descrito anteriormente, esta técnica presenta un inconveniente principal, la imposibilidad de escanear restos esqueléticos de gran tamaño como son cráneos, maxilares y mandibulares no fragmentados. Las imágenes obtenidas mediante el CBCT presentan una elevada calidad, tanta, que aspectos en la dimensión V-L que pasarían desapercibidas con la radiografía periapical (RP), se observa con un gran detalle tal y como lo postula Zoremchingi (39). Por ello, y puesto que el CBCT permite escanear cráneos y mandíbulas completas, es una técnica rápida, menos costosa de obtener, existe mayor cantidad de centros con la presencia de este tipo de aparatología, y no destruye la muestra, ha sido el método de elección para estudiar nuestra muestra fósil.

Asimismo, se han analizado los conductos radiculares de 18 primeros y segundos molares maxilares y 33 primeros y segundos molares mandibulares de una población del Calcolítico y de la Edad de Bronce. Se ha confirmado la presencia de tres raíces en el 100% de los primeros molares maxilares tal y como se describe en la literatura sobre el moderno *Homo sapiens* atribuyéndole al primer molar tres raíces en el 95,9% (61). Pattanshetti confirma también este dato, detecta en un 100% de los casos, la presencia de 4 raíces en su estudio con los indígenas de Kuwait (62). La mayoría de los primeros molares maxilares de nuestra muestra (92,31%), tienen 4 conductos, y sólo el 7,69% exhibe 3. Nuestros resultados difieren respecto Zhang et. al (2011) que encontraron en una población china que un 52% de los primeros molares maxilares mostraba 4 conductos y el 48% tres conductos radiculares aunque se asemeja en cuanto al

número de raíces descritas. Los resultados que nosotros hemos alcanzado se aproximan más a Al Shalabi (2000), el cual halló un porcentaje más elevado, 78% en los primeros molares maxilares en una población irlandesa (63).

La conformación de los conductos radiculares en el primer molar maxilar siguiendo la clasificación de Vertucci, es mayoritariamente de tipo II (76,92%), tipo I (7,69%), tipo III (7,69%) y tipo IV (7,69%), para la raíz mesial, mientras que es de tipo I en el 100% de los casos para las raíces DV y P. Que la variante más común sea la de tipo II para el primer molar maxilar lo determinan también estudios como Zhang (13, 25) y Kim (34). Este último autor, analiza los molares con micro CT determinando que la más común es la tipo II (23%) seguida del tipo IV (19,5%), tipo VI (13,3%), tipo III (10,6%), tipo V (9,7%), tipo VII (5,3%), y tipo VIII (0,9%) (34).

Autores como el citado anteriormente Kim (34) y Verma (35) inciden que las clasificaciones de Weine y Vertucci proporcionan información limitada acerca la anatomía interna y la configuración del conducto MV del primer molar maxilar. De este modo manifiestan su preocupación por las clasificaciones clásicas afirmando que requieren ser modificadas puesto que no corresponden con la anatomía que vemos con las nuevas técnicas en 3D.

El segundo molar maxilar presenta tres raíces separadas en todos los casos evaluados en este estudio (100%). Este hecho va en consonancia con el estudio de Peikoff (64), que establece tres conductos separados como la anatomía estándar del segundo molar maxilar. Otros autores también confirman que mayoritariamente el segundo molar presenta tres raíces separadas como Zhang en el 82% de la población china, aunque para este último autor en el segundo molar el número de raíces es variable ya que un 10% muestra una raíz única, el 9% tiene 2 raíces y la mayoría, un 82% posee tres raíces separadas. La raíz MV del primer molar superior presenta más variaciones en el conducto que la DV o la palatina, en cambio en el segundo molar aún se da más variabilidad.

La conformación más común de los conductos radiculares del segundo molar maxilar es de un 75% de los molares maxilares mostrando cuatro conductos,

mientras que un 25% describen 3 conductos. El segundo molar superior describe una conformación radicular más compleja: tipo II (57,14%), tipo I (28,57%), tipo III (14,2%) y tipo VI (14,2%) para la raíz MV, y tipo I (100%) para la raíz DV y P. Estos datos difieren de los estudios de Zhang donde se afirma que la conformación más común es la de tipo I (13).

Los primeros molares mandibulares de nuestra muestra, presentan dos raíces en el 100% de los casos, en cambio en los segundos molares mandibulares se describe más variabilidad puesto que podemos encontrarlos con dos raíces 75%, con una (12,50%), con tres (6,25%) o 4 raíces (6,25%). Se han realizado diversos estudios que relacionan el número de raíces con la raza entre los que destacan Tratman (65) y Ferraz y Pecora (66). La presencia de tres raíces en los primeros molares permanentes mandibulares, se da con mayor incidencia, un 20% según Tratman (65), en las zanzas mongoloides. Aunque en la población brasileña, la incidencia era de 11,4% en mongoloides, 2,8% en negroides y un 4,2% en caucásicos según Ferraz y Pecora (66). La población tailandesa presenta en un 13% la tercera raíz distal (30), aproximándose a la población brasileña, pero alejándose de nuestra muestra estudiada.

En cuanto al análisis de los conductos radiculares hemos determinado que en los primeros molares mandibulares el 52,94% posee 4 conductos radiculares y el 47,06% 3 conductos. La mayoría de la conformación radicular en los primeros molares corresponde al tipo II de Vertucci (82,35%), mientras que el 5,88% es de tipo III y el 11,76% al tipo IV. La configuración de la raíz distal es de tipo I en el 52,94% de los casos, tipo II en 35,2% y de tipo III en 11,76%. Este porcentaje tipo I de la raíz distal en nuestra muestra es próxima al 53,5% establecido en la población turca (67). Del mismo modo Zhang et. al indican que el 70% de los primeros molares disponen de dos raíces separadas, mientras que el 29% cuentan con tres raíces (una mesial y dos distales). De ellos un 56% presentan tres conductos, un 43% 4 conductos y solo se detectaron 4 molares que contaban con 2 conductos radiculares. Independientemente de la presencia o no de raíz distal, el 84% son tipo I en la clasificación de Vertucci en contraste con la raíz mesial que muestra un sistema de conductos más complejo. Sin embargo

estos datos difieren de los obtenidos en la población japonesa, en la que la raíz distal presenta una mayor prevalencia de tipo IV, es decir, presenta dos forámenes apicales (58).

El segundo molar presenta más variabilidad en cuanto al número de raíces y la clasificación de los conductos radiculares según Vertucci. El 12,50% de nuestra muestra tiene una raíz única, 75% dos raíces separadas, un 6,25% tres raíces y por último, un 6,25% cuatro raíces. La mayoría de los segundos molares mandibulares tienen 3 conductos (81,25%) y 4 conductos (18,75%). La presencia de una tercera raíz se ha documentado en la zona lingual de la raíz distal tal y como se ha descrito en poblaciones con características mongoloides (68). La mayoría de los segundos molares mandibulares (56,25%) siguen la clasificación tipo II de Vertucci en la raíz mesial, seguida del tipo III (18,75%), tipo I (12,5%) y tipo V (6,25%). La raíz distal presenta tipo I (81,25%), tipo II (6,25%) y tipo IV (6,25%).

Un 12,5% de los molares de la Cueva de El Mirador muestran evidencias de raíces únicas en forma de C con conductos separados. La raíz en forma de C es un rasgo específico de algunos molares inferiores. Los conductos radiculares se conforman en una ranura con una forma de la letra C (69). Esta es una característica a destacar en algunos molares mandibulares. Este tipo de molares recuerdan a un 5,7% la población de Sri Lanka, un 18,8% de poblaciones japonesas (58) y un 10% de la población tailandesa (30) estudiada. Se trata de una característica muy frecuente en los segundos molares mandibulares en poblaciones asiáticas pero escasa entre la población europea (58). Si examinamos las poblaciones citadas con anterioridad, observamos que los conductos en forma de C se dan en la población de Sri Lanka, Tailandia, El Mirador y la población japonesa. El estudio de los conductos radiculares puede indicarnos diferencias significativas según la etnia objeto de estudio (11). Este rasgo característico de poblaciones mongoloides sugiere que los molares tailandeses presentan características tanto de las razas caucásicas como de la china (30).

En cuanto a nuestra muestra objeto de estudio cabe agregar que además de identificar los conductos en C característicos de razas mongoloides, recientemente se ha publicado un estudio genético de la población del sepulcro colectivo de época calcolítica, relacionando la población de la Cueva de El Mirador con antepasados procedentes de la zona de Oriente Próximo (70). En este estudio se analiza el halo grupo del ADN mitocondrial. De hecho autores como Brandt (71) detecta esta corriente migratoria de Oriente Próximo a las poblaciones europea. Respecto a poblaciones africanas, asiáticas y poblaciones europeas, se confirma sin lugar a dudas, la afinidad de El Mirador con grupos del Cercano Oriente. Por esta razón estudios futuros deberían girar en torno a relacionar si esta población europea del Calcolítico y la Edad de Bronce poseen características comunes con la población asiática contemporánea.

Con el estudio de los restos fósiles humanos y su análisis dental, se han aportado datos muy interesantes que han ayudado a entender el proceso evolutivo y las relaciones filogenéticas (72). Los rasgos morfológicos dentales han sido ampliamente estudiados por antropólogos y paleontólogos para el diagnóstico de los grupos étnicos en el campo de la odontología forense (49, 57, 73). A pesar que genéticamente el rasgo dental es muy conservador, puesto que exhibe una mínima modificación a lo largo de muchas generaciones (73), la tendencia general de la evolución en la dentición humana moderna gira entorno a la simplificación morfológica y la reducción de tamaño de los dientes (73, 74). Y aunque parece ser que exhiben una mínima modificación durante muchas generaciones (73), la tendencia general es que no han sufrido grandes variaciones en la anatomía externa e interna desde hace unos 5.000 años, excepto los propios debido a la ingesta de determinados alimentos y la dieta. Sin embargo la conformación de los conductos radiculares podría indicar que existen pequeños aspectos propios de cada pueblo y que a través de ellos se podría confeccionar un mapa sobre el origen y corrientes migratorias. Esta afirmación tan atrevida ha sido observada por autores como Peiris (58) mostrando el análisis de los conductos radiculares de la población de Sri Lanka y su afinidad al continente europeo. Considera que la morfología de los conductos radiculares es variable dentro de los diferentes grupos de población,

de manera que puede tener un significado antropológico. Sin embargo Sperberg, considera que no se puede establecer una relación entre la conformación de los conductos radiculares con las afiliaciones raciales (75). Hasta la fecha pocos estudios observan las diferencias entre los conductos radiculares y lo relacionan con las diferentes poblaciones, pero podría razonarse como un patrón evolutivo, por ello se necesitarían más estudios con grupos raciales tanto en la actualidad como en la prehistoria.

Por todo lo expuesto anteriormente, aceptamos la hipótesis nula, es decir, la conformación de los conductos radiculares presenta características comunes al *Homo sapiens* (al tratarse de la misma especie). No hemos hallado evidencias significativas en la muestra estudiada, que nos indique que la población de la Cueva de El Mirador tenga unas características diferentes a la población actual, de modo que, no ha sufrido ninguna modificación con el paso de los años.

Conclusión

8.- CONCLUSIÓN

Tras el análisis exhaustivo de los restos fósiles de la cueva de El Mirador de la Sierra de Atapuerca (Burgos), podemos realizar las siguientes conclusiones:

1. Los individuos de la Cueva de El Mirador de época calcolítica y de la edad de Bronce, no presentan cambios significativos en su anatomía y morfología dental interna.
2. La conformación de los conductos radiculares presenta características comunes en el *Homo sapiens* y no han sufrido modificación con el paso de los años.
3. El número de raíces en los molares maxilares es de 3, siendo 4 el número de conductos en la mayoría de los casos de los primeros molares. En la raíz MV la morfología más común es la de tipo II de Vertucci, mientras que la raíz DV y la P muestran tipo I.
4. El segundo molar maxilar cuenta generalmente con 4 conductos, siendo de tipo II de Vertucci para la raíz MV y de tipo I para las raíces DV y P.
5. El primer molar mandibular muestra dos raíces con dos, tres o cuatro conductos. En la raíz M predomina el tipo II de Vertucci, mientras que la D destaca tipo I.
6. Los segundos molares mandibulares cuentan con una, dos, tres o cuatro raíces. La conformación más común de Vertucci es de tipo II para la raíz M y de tipo I para la D.

Bibliografía

9.- BIBLIOGRAFÍA

1. Zheng Q, Wang Y, Zhou X, Wang Q, Zheng G, Huang D. A Cone-Beam Computed Tomography Study of Maxillary First Permanent Molar Root and Canal Morphology in a Chinese Population. *JOE*. 2010 September 2010;36:1480-4.
2. Ceperuelo D, Lozano M, Duran-Sindreu F, Mercadé M. Root Canal Morphology of Chalcolithic and Early Bronze Age Human Population of El Mirador Cave (Sierra de Atapuerca, Spain). *The Anatomical Record*. 2014.
3. Ceperuelo D, Lozano M, Duran-Sindreu F, Mercadé M. Supernumerary fourth molar in a Chalcolithic from the El Mirador Cave Site (Sierra de Atapuerca, Burgos, Spain). *HOMO - Journal of Comparative Human Biology* 2015.
4. Martínón –Torres M, Bermúdez de Castro J, Gómez Robles A, Arsuaga J, Carbonell E, Lordkipanidze D, et al. Dental evidence on the hominin dispersals during the Pleistocene. *PNAS*. 2007;13279-82.
5. Fiorin E, Cadafalch J, Ceperuelo D, Adserias MJ, Chimenos-Küstner E, A. M. Study of Dental Occlusion in Ancient Human Remains: A Methodological Approach. *Coll Antropol* 2014;38(3):993-1000.
6. Vergès J, Allué E, Angelucci D, Cebrià A, Díez C, Fontanals M, et al. La Sierra de Atapuerca durante el Holoceno: datos preliminares sobre las ocupaciones de la Edad de Bronce en la Cueva de El Mirador Ibeas de Juarros, Burgos) *Trabajos de Prehistoria*. 2002 (59):107-26.
7. Cabanes D, Burjachs F, Exposito I, Rodriguez A, Allue E, Euba I, et al. Formation processes through archaeobotanical remains: the case of the Bronze Age levels in El Mirador cave, Sierra de Atapuerca, Spain. *Quaternary Int* 2009;193:160–73.
8. Cáceres I, Lozano M, Saladié P. Evidence for bronze age cannibalism in El Mirador Cave (Sierra de Atapuerca, Burgos, Spain). *Am J Phys Anthropol*. 2007;133:899-917.
9. Wheeler. *Anatomía Fisiología y Oclusión Dental*. Madrid 2004.
10. Canalda Sahli C, Brau Aguadé E. *Endodoncia. Técnicas Clínicas y Bases Científicas*. 2a edición ed. Barcelona 2006.
11. Guo J, Vahidnia A, Sedghzadeh P, Enciso R. Evaluation of root and canal morphology of maxillary permanent first molars in a north american population by cone-beam computed tomography. *JOE*. 2014;40(5).
12. Cohen S, Hargreaves K, Berman L. *Vías de la Pulpa*. Barcelona 2011.
13. Zhang R, Yang H, Yu X, Wang H, Hu T, Dummer MH. Use of CBCT to identify the morphology of maxillary permanent molar teeth in a chinese subpopulation. *International Endodontic Journal*. 2011;44:162-9.
14. Abella F, Mercadé M, Duran-Sindreu R. Managing severe curvature of radix entomolaris: three-dimensional analysis with cone beam computed tomography. *International Endodontic Journal* 2011;44: 876–85.
15. Vertucci F. Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral Surg* 1984;58:589-99.

16. Barker B, Parsons K, Mills P, Williams G. Anatomy of root canals. III. Permanent mandibular molars. *Australian Dental Journal*. 1974;19:408-13.
17. Skidmore A, Bjorndal A. Root canal morphology of the human mandibular first molar. *Oral Surgery, Oral Medicine, and Oral Pathology* 1971;32:778-84.
18. Carabelli G. *Systematisches Handbuch der Zahnheilkunde*. edn. n, editor. Austria: Braumu"ller and Seidel,1984.
19. Bolk L. Bermerkungen u"ber Wurzelvariationen am menschlichen unteren Molaren. *Zeitung fur Morphologie und Anthropologie* 1915.
20. Gu Y, Lu Q, Wang H, Ding Y, Wang P, Ni L. Root canal morphology of permanent Three-rooted mandibular first molars. Part I: Pulp Floor and root canal system. *JOE*. 2010;36(6):990-4.
21. Gulabivala K, Aung T, Alavi A, Ng Y-L. Root and canal morphology of Burmese mandibular molars. *International Endodontic Journal*. 2001;34:359-70.
22. De Moor R, Deroose C, Calberson F. The radix entomolaris in mandibular first molars: an endodontic challenge. *International Endodontic Journal*. 2004;37: 789-99.
23. Tu M, Tsai C, al. JMe. Prevalence of three-rooted mandibular first molars among Taiwanese individuals *Journal of Endodontics* 2007;33:1163-6.
24. Chen G, Yao H, Tong C. Investigation of the root canal configuration of mandibular first molars in a Taiwan Chinese population. *International Endodontic Journal*. 2009;42:1044-9.
25. Zhang R, Wang H, Tian Y-Y, Yu X, Hu T, Dummer MH. Use of cone-beam computer tomography to evaluate root and canal morphology of mandibular molars in Chinese Individuals. *International Endodontic Journal*. 2011.
26. Ahmed HA, Abu-bakr NH, Yashia NA, Ibrahim E. root and canal morphology of permanent mandibular molars in a Sudanese population. *International Endodontic Journal*. 2007;40:766-71.
27. Neelakantan P, Subbarao C, Venkata C, Ravindranath M. Root and canal morphology of mandibular second molars in an Indian Population. *JOE*. 2010;36:1319-22.
28. Lozano A, Forner L, Llana M. Estudio in vitro de la anatomía del sistema de conductos radiculares con radiología convencional y digital. *Endod*. 2004;22:23-43.
29. Grover C, Shetty N. Methods to study root canal morphology: A review. *ENDO (Lond Engl)* 2012;6(3):171-82.
30. Gulabivala K, Opananon A, Ng Y-L, Alavi A. Root and canal morphology of Thai mandibular molars. *International Endodontic Journal*. 2002;35:56-62.
31. Okumura T. Anatomía aplicada a la Odontoestomatología. En: Aprile E, y cols., eds. *Anatomía Odontológica*. Ateneo E, editor. Buenos Aires1967.
32. Weine F, Healey H, Gerstein H, Evanson L. Canal Configuration in the Mesiobuccal Root of the Maxillary First Molar and Its Endodontic Significance. *JOE* 2012;38 Number 10:1305-8.
33. Vertucci F. Root canal morphology of mandibular premolar. *Journal of the American Dental Association* 97. 1978:47-50.

34. Kim Y, Chang S, Lee J, Chen I, Kaufman B, Jiang J, et al. A micro-computed tomography study of canal configuration of multiple-canal mesiobuccal root of maxillary first molar. *Clin Oral Invest* 2013;17:1541-6.
35. Verma P, Love RM. A micro CT study of the mesiobuccal root canal morphology of the maxillary first molar tooth. *International Endodontics Journal*. 2010;44:210-7.
36. Al-Qudah AA, Awawdeh LA. Root canal morphology of mandibular incisors in a Jordanian population. *Int Endod J* 2006;39:873-7.
37. Lee JK, Ha BH, Choi JH, Heo SM. Quantitative three-dimensional analysis of root canal curvature in maxillary first molars using micro-computed tomography. *J Endod Perinpanayagam H*. 2006.;32:941-5.
38. Lu H, Lee YK, Villalta P, Powers JM, F. G-G. Influence of the amount of UV component in daylight simulator on the color of dental composite resins. *J Prosthet Dent* 2006;96:322-7.
39. Zoremchingi, Joseph T, Varma B, Mungara J. A study of root canal morphology of human primary molars using computerised tomography: An in vitro study. *J Indian Soc Pedo Prev Dent*. 2005.
40. Bagherian A, Kalhori K, Sadeghi M, Mirhosseini F, Parisay I. An in vitro study of root and canal morphology of human deciduous molars in an Iranian population. *Journal of Oral Science*. 2010;Vol. 52, No. 3.
41. Forsberg J, Halse A. Radiographic simulation of a periapical lesion comparing the paralleling and the bisecting-angle techniques. *Int End J*. 1994;27:133-8.
42. Cohen S, Burns R. *Endodoncia*. 5a Edicion ed. Mexico1993.
43. Pasler F. *Radiología Odontológica*. Barcelona1988.
44. Arai Y, Tammsalo E, Iwai K, Hashimoto K, Shinoda K. Development of a compact computed tomographic apparatus for dental use. *Dentomaxillofac Radiol* 1999;28:245-8.
45. Patel S. New dimensions in endodontic imaging: Part 2. Cone beam computed tomography. *Int Endod J*. 2009;42:463-75.
46. Abella F, Pastel S, Duran-Sindreu F, Mercade M, Roig M. Mandibular first molar with disto-lingual roots: review and clinical management. *Int Endod J*. 2012;45:963-78.
47. Scarfe W, Farman A. What is cone-beam CT and how does it work? *Dent Clin North Am*. 2008;52:707-30.
48. Tyndall D, Rathore S. Emerging applications of cone beam tomography for aiding clinical diagnosis. *Australasian Dental Practice*. 2009:110-7.
49. Dahlberg A. Geographic distribution and origin of dentitions. *Int Dent J*. 1965;15:348-55.
50. Cotton T, Geisler T, Holden D, Schwartz S, Schindler W. Endodontic applications of cone-beam volumetric tomography. *J Endod*. 2007;9:1121-32.
51. Yoshioka T, Kikuchi I, Adorno CG, Suda H. Periapical bone defects of root filled teeth with persistent lesions evaluated by cone-beam computed tomography. *International Endodontic Journal*. 2011;44:245-52.
52. Qu X, Li G, Ludlow J, Zhang Z, Ma X. Effective radiation dose of ProMax 3D cone-beam computerized tomography scanner with different dental protocols. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2010;110:770-6.

53. Sogur E, Baksı B, Gröndahl H-G. Imaging of root canal fillings: a comparison of subjective image quality between limited conebeam CT, storage phosphor and film radiography. *Int Endod J* 2007;40:179–85.
54. Kupczik K, JJ. H. Mandibular molar root morphology in Neanderthals and late Pleistocene and recent *Homo sapiens*. *J Hum Evol* 2010;59:525–41.
55. Benyó B. Identification of dental root canals and their medial line from micro-CT and cone-beam CT records. *Biomed Eng Online*. 2012;11:81.
56. Prado-Simón L, Martínón-Torres M, Baca P, Olejniczak A, Gómez-Robles A, Lapresa M, et al. Three-dimensional evaluation of root canal morphology in lower second premolars of early and middle Pleistocene human populations from Atapuerca (Burgos, Spain). *Am J Phys Anthropol*. 2012;147:452–61.
57. Turner C, Nichol C, Scott G. Scoring procedures for key morphological traits of the permanent dentition: the Arizona State University dental anthropology system. Larson CS, editors *Advances in dental anthropology*. 1991 (New York: Willey-Liss).
58. Peiris R. root and canal morphology of human permanent teeth in a Sri Lankan and Japanese population. *Anthropol Sc*. 2008;116:123-33.
59. Versiani M, Pecora J, de Sousa-Neto M. Root and root canal morphology of four-rooted maxillary second molars: a microcomputed tomography study. *J Endod*. 2012;38:977-82.
60. Solomonov M, Paque F, Fan B, Eilat Y, Berman L. The challenge of C-shaped canal systems: a comparative study of the selfadjusting file and ProTaper. *J Endod*. 2012;38:209-14.
61. Cleghorn B, Christie W, Dong C. Root and root canal morphology of the human permanent maxillary first molar: a literature review. *J Endod* 2006;32:813-21.
62. Pattanshetti N, Gaidhane M, Al Kandari A. Root and canal morphology of the mesiobuccal and distal roots of permanent first molars in a Kuwait population – a clinical study. *International Endodontic Journal*, . 2008;41:755-62.
63. Al Shalabi R, Omer O, Glennon J, Jennings M, Clafey N. Root canal anatomy of maxillary first and second permanent molars. *Int Endod J*. 2000;33:405-14.
64. Peikoff M, Christie W, Fogel H. The maxillary second molar: variations in the number of roots and canals. *Int Endod J*. 1996;29:365-9.
65. Tratman E. Three rooted lower molars in man and their racial distribution. *British Dental Journal*. 1938;64:264-74.
66. Ferraz J, PECORA J. Three-rooted mandibular molars in patients of Mongolian, Caucasian and Negro origin. *Brazilian Dental Journal of Endodontics*. 1992;3:113-7.
67. Sert S, Aslanalp V, Tanalp J. Investigation of the roor canal configurations of mandibular permanent teeth in the Turkish population. *Int End J*. 2004;37:494-9.
68. Wang Y, Zheng Q, Zhou X, Tang L, Wang Q, Zheng G, et al. Evaluation of the root and canal morphology of mandibular first permanent molars in a western Chinese population by cone-beam computed tomography. *J Endod*. 2010;36:1786-9.

69. Melton DC, Krell KV, MW. F. Anatomical and histological features of C-shaped canals in mandibular second molars. . J Endod 1991;17:384-8.
70. Gómez-Sánchez D, Olalde I, Pierini F, Matas-Lalueza L, Gigli E, Lari M, et al. Mitochondrial DNA from El Mirador Cave (Atapuerca, Spain) reveals the heterogeneity of Chalcolithic populations. ."). doi:10.1371/journal.pone.0105105) Plos ONE 9(8). 2014;9(8).
71. Brandt G, Roth C, Szécsényi-Nagy A, Karimnia S, Möller-Rieker S, Nicklisch N, et al. Ancient DNA reveals key stages in the formation of Central European mitochondrial genetic diversity. Science. 2013;342:257-61.
72. Reyes G, Bonomie J, Guevara E, Palacios M, Malgosa A, Chimenos E, et al. El sistema dental y su importancia en el estudio de la evolución humana: Revisión bibliográfica. Boletín Antropológico Año 28, . Enero-Abril 2010;Nº 78(ISSN:1325-2610):16-43.
73. Scott G, Turner C. The antropology of modern human teeth: dental morphology and its variation in recent human populations. Cambridge University Press. 1997.
74. Pinhasi R, C. M. Dental reduction and the transition to agriculture in Europe. Pinhasi R, Stock JT, editors Human bioarchaeology of the transition to agriculture USA: John Wiley and Sons. 2011.
75. Sperberg GH, Moreau JL. Study of the number of roots and canals in Senegalese first permanent mandibular molars. International Endodontic Journal 1998;31:117-22.

Perspectivas de futuro

10.- PERSPECTIVAS DE FUTURO

Bajo la excusa de la exploración y el análisis de los restos dentales fósiles de la cueva de El Mirador de la Sierra de Atapuerca (Burgos) hemos demostrado como los avances científicos y la nueva tecnología como el CBCT se puede aplicar a la arqueología. Determinados aspectos internos al diente, como es la conformación de los conductos radiculares, han podido ser examinados sin haber causado ningún tipo de deterioro en la muestra. Un total de 54 molares maxilares y mandibulares, pertenecientes a 18 individuos y cuya datación es del 4.400 A.P, han sido analizados.

Se trata de *Homo sapiens*, el cual presenta las mismas características dentales tanto externas como internas que el hombre actual. A través del estudio de la conformación radicular hemos confirmado que existen rasgos característicos comunes entre nuestra población objeto de estudio y la poblaciones asiáticas como es el caso de las raíces en forma de C. Pero quedaría por determinar si sucede lo mismo con los dientes anteriores. De hecho, para poder confirmarlo o refutarlo serán necesarias nuevas investigaciones mediante el ADN presente en la cavidad pulpar para poder establecer si existieron corrientes migratorias que procedentes de Oriente próximo llegaron a la península Ibérica. La generación de genomas completos con la nueva secuencia, facilitada por las nuevas tecnologías, probablemente contribuirán a proporcionar una imagen más detallada del mapa migratorio en la prehistoria.

En futuros estudios queremos analizar restos fósiles con la dentición decidua, puesto que hasta la fecha nos hemos centrado en dentición permanente. Del mismo modo aspectos como la escasa presencia de mal oclusión dental, apiñamientos y rotaciones merecerían un capítulo intenso en el que además podremos incluir posibles alteraciones a nivel de la articulación temporo-mandibular. Sin duda la musculatura y la dieta serán grandes candidatas en el complejo capítulo de la oclusión dental.

Anexos

11.- ANEXOS

11.1. ANEXO I: MUESTRA SUJETO A ESTUDIO

RESTOS CANIBALIZADOS										
IND.	AÑO	NIVEL	CUA-DRO	Nº	MOLA-RES	Nº Raíces	Nº Con-ductos	Conducto en C	Clasificación Vertucci	ISTMO
1	ATA 00	MIR 4	P22	296	26	3	4	--	MV Tipo II DV Tipo I P Tipo I	
1	ATA 00	MIR 4	P22	Z1241	36	2	3	--	M Tipo IV D Tipo I	M-Sí
1	ATA 00	MIR 4	Q21	204	16	3	4	--	MV Tipo II DV Tipo I P Tipo I	
2	ATA 99	MIR 4	P22	228	16	3	3	--	MV Tipo IV DV Tipo I P Tipo I	
2	ATA 99	MIR 4	P22	228	17	3	4	--	MV Tipo VI DV Tipo I P Tipo I	
2	ATA 00	MIR 4	P22	285	46	2	3	--	M Tipo II D Tipo I	
2	ATA 00	MIR 4	P22	285	47	2	3	Presencia	M Tipo III D Tipo I	
2	ATA 99	MIR 4	P22	230	36	2	4	--	M Tipo II D Tipo II	
2	ATA 99	MIR 4	P22	230	37	2	3	--	M Tipo II D Tipo I	
3	ATA 00	MIR 4	Q21	185	16	3	4	--	MV Tipo II DV Tipo I P Tipo I	
3	ATA 00	MIR 4	Q21	185	17	3	3	--	MV Tipo I DV Tipo I P Tipo I	
4	ATA 99	MIR 4	P22	205	36	2	4	--	M Tipo IV D Tipo II	
4	ATA 99	MIR 4	P22	205	37	2	4	--	M Tipo II D Tipo II	

5	ATA	MIR 4	P22	146	26	3	4	--	MV Tipo II DV Tipo I P Tipo I	
5	ATA	MIR 4	P22	190	36	2	4	--	M Tipo II D Tipo II	
5	ATA	MIR 4	P22	190	37	1	3	Presencia	M Tipo II D Tipo I	
6	ATA	MIR 4	Q21	2	26	3	4	--	MV Tipo II DV Tipo I P Tipo I	
6	ATA	MIR 4	Q21	2	27	3	4	--	MV Tipo II DV Tipo I P Tipo I	
	ATA	MIR 4	P22	108	36	2	3	--	M Tipo II D Tipo I	
	ATA	MIR 4	P22	108	37	2	3	--	M Tipo II D Tipo I	

SEPULCRO COLECTIVO									
AÑO	NIVEL	CUA DRO	Nº	MOLA RES	Nº Raíces	Nº Con- ductos	Conducto en C	Clasificación Vertucci	ISTMO
ATA'09	MIR 201		10	36	2	3		M Tipo II D Tipo I	M-Sí
ATA'09	MIR 201		10	37	2	3		M Tipo II D Tipo I	
ATA'09	MIR 201		7	46	2	3		M Tipo II D Tipo I	M-Sí
ATA'09	MIR 201		7	47	2	3		M Tipo V D Tipo I	
ATA'09	MIR 202 R35		28	16	3	4		MV Tipo II DV Tipo I P Tipo I	MV-
ATA'09	MIR 202 R35		28	17	3	4		MV Tipo II DV Tipo I P Tipo I	MV-
ATA'09	MIR 201		502	26	3	4		MV Tipo III DV Tipo I P Tipo I	
ATA'09	MIR 201		502	27	3	4		MV Tipo III DV Tipo I P Tipo I	
ATA'09	MIR 201		501	16	3	4		MV Tipo II DV Tipo I P Tipo I	
ATA'09	MIR 201		501	17	3	4		MV Tipo II DV Tipo I P Tipo I	MV-
ATA'09	MIR 201		517	46	2	3		M Tipo II D Tipo I	M-Sí
ATA'09	MIR 201		517	47	2	3		M Tipo II D Tipo I	
ATA'10	MIR 201		610	27	3	3		MV Tipo I DV Tipo I P Tipo I	
ATA'10	MIR 202 T35		17	36	2	4		M Tipo II D Tipo II	M-Sí D-Sí
ATA'10	MIR 202 T35		17	37	2	3		M Tipo III D Tipo I	
ATA'10	MIR 202 T35		17	46	2	4		M Tipo II D Tipo I	

ATA'10	MIR 202 T35	17	47	2	3		M Tipo II D Tipo I	M-Sí
ATA'10	MIR 202 R35	26	26	3	4		MV Tipo II DV Tipo I P Tipo I	
ATA'10	MIR 201	607	37	4	4		MV Tipo I ML Tipo I DV Tipo I DL Tipo I	D-Sí
ATA'10	MIR 202 T34	17	36	2	4		M Tipo II D Tipo III	M-Sí
ATA'10	MIR 202 T34	17	37	2	3		M Tipo III D Tipo I	M-Sí
ATA'10	MIR 202 T34	17	46	2	4		M Tipo III D Tipo II	M-Sí D-Sí
ATA'10	MIR 202 T34	17	47	2	3		M Tipo II D Tipo I	
ATA'10	MIR 203 R36	134	36	2	3		M Tipo II D Tipo I	
ATA'10	MIR 203 R36	134	37	2	4		M Tipo II D Tipo IV	M-Sí
ATA'09	MIR 203 R36	66	46	2	4		M Tipo II D Tipo III	M-Sí
ATA'09	MIR 203 R36	66	47	1	3		Tipo VIII	M-Sí
ATA'09	MIR 201	516	26	3	4		MV Tipo II DV Tipo I P Tipo I	MV-
ATA'09	MIR 201	516	27	3	4		MV Tipo II DV Tipo I P Tipo I	MV-
ATA'09	MIR 201	519	16	3	4		MV Tipo II DV Tipo I P Tipo I	MV-
ATA'09	MIR 201	518	16	3	4		MV Tipo II DV Tipo I P Tipo I	MV-
ATA'09	MIR 201	2	46	2	4		M Tipo II D Tipo II	M-Sí D-Sí
ATA'09	MIR 201	2	47	3	3		MV Tipo I ML Tipo I D Tipo I	
ATA'10	MIR 202 T35	11	36	2	3		M Tipo II D Tipo I	M-Sí

11.2.- ANEXO II: FICHA REGISTRO DENTAL DE LOS RESTOS FÓSILES

INDIVIDUO: ATA'10 MIR202 T34 Nº17		FECHA: 26/11/2011		Nº HOJA: 1																																																			
YACIMIENTO: CUEVA EL MIRADOR ATAPUERCA			ÉPOCA: CALCOLÍTICO																																																				
EDAD	Fetal <input type="checkbox"/>	Infantil II <input type="checkbox"/>	Adulto <input type="checkbox"/>	Senil <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																		
	Infantil <input type="checkbox"/>	Juvenil <input type="checkbox"/>	Maduro <input type="checkbox"/>	Indeterminado <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																		
SEXO	Masculino <input checked="" type="checkbox"/>	Femenino <input type="checkbox"/>	Alofiso <input type="checkbox"/>	Indeterminado <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																		
ODONTOGRAMA																																																							
<table style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 0 5px;">55</td><td style="padding: 0 5px;">54</td><td style="padding: 0 5px;">53</td><td style="padding: 0 5px;">52</td><td style="padding: 0 5px;">51</td> <td style="border-left: 1px solid black; padding: 0 5px;">61</td><td style="padding: 0 5px;">62</td><td style="padding: 0 5px;">63</td><td style="padding: 0 5px;">64</td><td style="padding: 0 5px;">65</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">X</td><td style="text-align: center;">X</td><td style="text-align: center;">X</td><td style="text-align: center;">X</td><td style="text-align: center;">X</td> <td style="border-left: 1px solid black; text-align: center;">X</td><td style="text-align: center;">X</td><td style="text-align: center;">X</td><td style="text-align: center;">X</td><td style="text-align: center;">X</td> </tr> <tr style="border-top: 1px solid black;"> <td style="padding: 0 5px;">48</td><td style="padding: 0 5px;">47</td><td style="padding: 0 5px;">46</td><td style="padding: 0 5px;">4</td><td style="padding: 0 5px;">X</td> <td style="border-left: 1px solid black; padding: 0 5px;">4</td><td style="padding: 0 5px;">43</td><td style="padding: 0 5px;">42</td><td style="padding: 0 5px;">X</td><td style="padding: 0 5px;">X</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">X</td><td style="text-align: center;">X</td><td style="text-align: center;">X</td><td style="text-align: center;">X</td><td style="text-align: center;">X</td> <td style="border-left: 1px solid black; text-align: center;">X</td><td style="text-align: center;">X</td><td style="text-align: center;">X</td><td style="text-align: center;">X</td><td style="text-align: center;">X</td> </tr> <tr> <td style="padding: 0 5px;">85</td><td style="padding: 0 5px;">84</td><td style="padding: 0 5px;">83</td><td style="padding: 0 5px;">82</td><td style="padding: 0 5px;">81</td> <td style="border-left: 1px solid black; padding: 0 5px;">71</td><td style="padding: 0 5px;">72</td><td style="padding: 0 5px;">73</td><td style="padding: 0 5px;">74</td><td style="padding: 0 5px;">75</td> </tr> </table>						55	54	53	52	51	61	62	63	64	65	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	48	47	46	4	X	4	43	42	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	85	84	83	82	81	71	72	73	74	75
55	54	53	52	51	61	62	63	64	65																																														
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																																														
48	47	46	4	X	4	43	42	X	X																																														
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																																														
85	84	83	82	81	71	72	73	74	75																																														
OBSERVACIONES:																																																							
<p>Caninos mesializados que provocan un ligero apiñamiento con los laterales. Presencia de cálculo.</p>																																																							
ASOCIADO A OTROS RESTOS:																																																							
ATA'09 MIR201 Nº 640 #34																																																							
ANÁLISIS DE LA OCLUSIÓN																																																							
ANÁLISIS CONDUCTOS RADICULARES																																																							
	Nº Raíces	Nº Conductos	Conducto C	Clasificación de Vertucci				ISTMO																																															
Pieza				M	M2	D	D2																																																
#46	2	4		III		II		M/D-Sí																																															
#47	2	3		II		I																																																	
FOTO																																																							
																																																							
																																																							

113.- ANEXO III: CONVENIO UIC – IPHES



CONVENI DE COL·LABORACIÓ

Barcelona, 15 de maig de 2011

REUNITS

D'una part, l'il·lustríssim senyor Pere Alavedra i Ribot, en la seva condició de rector de la Universitat Internacional de Catalunya, Fundació Privada (en endavant també designada com a Universitat), especialment delegat per acord de la Comissió Executiva del Patronat Universitari de data 1 de desembre de 2009. Domiciliada al carrer Immaculada, núm. 22 de Barcelona, 08022 i NIF G-61737409.

I, de l'altra, el Sr. Eudald Carbonell i Roura com a Director de l'Institut Català de Paleoecologia Humana i Evolució Social (d'ara endavant IPHES) amb domicili a C/Escorxador s/n de Tarragona (43003) amb el NIF G43783752.

Es reconeixen mútuament la capacitat legal suficient per obligar les seves respectives entitats i

CONSIDEREN

I Que ambdues institucions tenen objectius comuns i/o complementaris en àrees de recerca, docència i desenvolupament tecnològic, i que per tant la col·laboració permetrà aprofitar al màxim els seus potencials.

II Que és d'interès positiu la unió i la coordinació de les dues institucions per tal de sumar esforços per establir camins d'actuació que afavoreixin i incrementin el benefici mutu.

III Que, en base al que s'ha exposat anteriorment, s'obre un ampli espectre de possibilitats de col·laboració, per la qual cosa es considera oportú subscriure un protocol que permeti un millor aprofitament dels recursos i una cooperació activa en el desenvolupament de temes d'interès comú, per tant acorden signar el present conveni de col·laboració que es registrarà per les següents

 Universitat Internacional
de Catalunya

REGISTRE AUXILIAR

Sortida

1	1	0	4	8	2
---	---	---	---	---	---

Data

28	02	12
----	----	----

CLÀUSULES

PRIMERA.- Finalitat de la Col·laboració

El present conveni de col·laboració té per objecte emmarcar i coordinar l'actuació de l'IPHES i de la UIC en assessoraments, intercanvis d'informació i realitzacions, en els següents camps d'investigació i desenvolupament.

- Portar a terme estudis de col·laboració conjunts en materials antropològics.
- Realitzar l'estudi antropològic de les restes humanes de la Cova del Mirador d'Atapuerca.
- Us dels equipaments científics d'ambdós centres necessaris en aquests estudis.

SEGONA.- Formalització

Cada organització podrà proposar a l'altre, mitjançant una comissió, si s'escau, les activitats que cregui convenients i que estiguin contemplades en l'objecte del present conveni de col·laboració.

TERCERA.- Relació de recursos humans i materials

Cada una de les institucions aportarà recursos humans i materials al conveni per tal de que aquest pugui arribar a bon fi.

QUARTA.- Establiment d'una comissió mixta

Per facilitar el seguiment de la col·laboració, es constituirà una comissió mixta integrada per representants de la Universitat i de l'IPHES. La tasca de la comissió mixta és la de proposar els temes científics i tecnològics d'interès comú.

CINQUENA.- Equip humà

Per part de la UIC, la persona responsable de la present col·laboració serà la Dra. Montse Mercadé, mentre que per part de l'IPHES, la persona responsable de la present col·laboració serà la Dra. Marina Lozano.

SISENA.- Efectes econòmics

Totes les col·laboracions que tinguin implicacions pressupostàries, requeriran la signatura d'un conveni específic, en el qual es determinaran aquestes qüestions. Els convenis específics seran estudiats i informats per la Comissió mixta.

SETENA.- Durada

El present conveni de col·laboració serà vigent des del moment de la seva signatura i tindrà una vigència de quatre anys. A la fi del quart any es produirà una revisió en funció de l'estat dels treballs. Es farà així de no produir-se, per qualsevol de les dues parts, una comunicació per escrit en sentit contrari, amb un mínim de 3 mesos d'antelació de la seva expiració.

