

**APORTACIONES AL CONOCIMIENTO
PALEOBIOLÓGICO Y CRONOLÓGICO DE
LAS POBLACIONES HUMANAS DE LA
PREHISTORIA RECIENTE EN EL NORTE
DE LA PENÍNSULA IBÉRICA**

Andrea García Sagastibelza

TESIS DOCTORAL

eman ta zabal zazu



Universidad
del País Vasco

Euskal Herriko
Unibertsitatea

**Dirigida por:
Asier Gómez-Olivencia
Christine Veschambre-Couture**

eman ta zabal zazu



Universidad
del País Vasco

Euskal Herriko
Unibertsitatea

Departamento de Geología

**APORTACIONES AL CONOCIMIENTO PALEOBIOLOGICO
Y CRONOLÓGICO DE LAS POBLACIONES HUMANAS DE
LA PREHISTORIA RECIENTE EN EL NORTE DE LA PENIN-
SULA IBÉRICA**

TESIS DOCTORAL

Andrea García Sagastibelza

2021

(c)2021 ANDREA GARCIA SAGASTIBELZA

Gurasoei eta Albertori, eskerrik asko guztiagatik

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer a todas aquellas personas e instituciones que me han ayudado en la realización de esta tesis doctoral, ya que sin ellos no habría sido posible llegar hasta aquí. Antes que nada, me gustaría mostrar mi agradecimiento hacia mis directores de tesis, Asier y Christine. Asier, eskerrak eman nahi dizkizut bost urte hauetan antropologia fisikoari buruz dakidan guztia irakasteagatik eta gai interesgarri hau ikertzeko aukera emateagatik. Christine, merci beaucoup for making me feel comfortable during my stay in Bordeaux and for your suggestions for improving this thesis. También me gustaría agradecer a todos los coautores que me han ayudado con los artículos, siendo parte fundamental de esta Tesis Doctoral. Paleontologiako ikerketa taldeari ere eskerrak eman nahi dizkiet beraien laguntzagatik. Tampoco me quiero olvidar de los que han sido estudiantes de doctorado y compañeros de departamento (Mikel, Graciela, Haizea, Óscar), por su compañía y por amenizar los ratos de descanso. To my office colleagues in the PACEA department (especially Dany, Marie, and Flora), for making me feel welcomed, as one of them.

I would also thank to Emma, for giving me the opportunity to learn about the interesting world of biomechanics and helping me with everything related with this topic. Marina, muchas gracias por darme la oportunidad de realizar la estancia contigo. A Núria, muchas gracias por acompañarme durante la estancia y ayudarme en todo lo posible. Miriam, muchas gracias por todos los consejos que me has dado y por enseñarme a ser una holocenista. A José Luis Arribas, quiero agradecerle por todo lo que me has enseñado sobre Lumentxa y por todos tus consejos. También me gustaría agradecer a los encargados y los investigadores del Arkeologi Museoa, por toda la ayuda brindada y los desayunos revitalizantes. À Antoine, merci beaucoup pour votre aide pendant les dernier jours de ma thèse. También agradecer a los encargados del Gordailu, por su predisposición y ayuda. A I. Lecumberri y a su grupo del Hospital IMQ Zorrozaurre, por darnos la oportunidad de realizar escáneres TAC.

A mis padres, gracias por todo. A Alberto, por estar en els bons i els mals moments. A mi piña madrileña, por estar apoyándome a pesar de la distancia. A Juan, por sugerirme que siguiese estudiando, hasta llegar a este punto.

Esta tesis ha sido financiada por una beca doctoral de cotutela entre la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea y la Université de Bordeaux. Las estancias realizadas fueron financiadas por proyectos de la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea (Grupo PPG17/05), del Gobierno Vasco (Grupo IT1418-19), de la Diputación Foral de Bizkaia/Bizkaiako Foru Aldundia, y del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (proyectos PGC2018-093925-B-C33; HAR2015-67323-C2-

II

1-P; MCI/AEI/FEDER, UE).

En último lugar, al resto de personas que me han servido de inspiración y ayuda.
Muchas gracias.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. 1) Localización general de los yacimientos estudiados en el norte de la península ibérica. a) Localización de la vertiente atlántica de los Pirineos Occidentales (PAO), que se verá de forma más detallada en el Capítulo 2 y en la Figura 2.1; 2) Localización del yacimiento de El Mirador con respecto a la ciudad de Burgos.

Figura 1.2. Mapa geológico de los Pirineos Occidentales, donde se muestran los diferentes registros sedimentológicos. Dentro de esta zona se encuentra la Cuenca Vasco-Cantábrica, y en concreto el bloque del Arco Vasco (Bodego Aldasoro y López-Horgue, 2018).

Figura 1.3. Cambios de temperatura sucedidos durante los últimos 15.000 B.P., registrado en el hielo de Groenlandia (modificado de <https://www.pressdispensary.co.uk/q991593/images/20k.jpg>).

Figura 1.4. De arriba a abajo: Curva del nivel del mar desde hace 24.000 B.P., coincidiendo aproximadamente con el inicio del Último Máximo Glacial; curva del nivel del mar desde hace 8.000 B.P., indicando las diferentes etapas climáticas del Holoceno. Estas gráficas están realizadas mediante una compilación de diferentes áreas de estudio, indicadas en las gráficas (modificado de Moore et al., 2013; Buchner et al., 2015).

Figura 1.5. Arpón en asta del aziliense del yacimiento de Arenaza I (Galdames, Bizkaia) (modificado de https://www.bizkaia.eus/kultura/museos/arqueologia/galeria_fotos_detalle.asp?id=13&paginaActual=1&Tem_Codigo=&Idioma=CA).

Figura 1.6. Pico asturiense del yacimiento de El Cierro (Ribadesella, Asturias) (modificado de Arias Cabal et al., 2018).

Figura 1.7. Ejemplo de vaso campaniforme de estilo marítimo, recuperado en el dolmen de Pagobakoitza (Sierra de Aizkorri, Gipuzkoa) (modificado de Camarero Arribas y Arévalo Muñoz, 2018).

Figura 1.8. Punta de lanza de hierro recuperado en el yacimiento de Munoain (Azkoitia-Azpeitia, Gipuzkoa) (modificado de San Jose, 2016 y G.Stude).

Figura 1.9. Reconstrucción del enterramiento individual del yacimiento de J3 (Hondarribia, Gipuzkoa) (modificado de Iriarte et al., 2005a).

Figura 1.10. Extremo este del enterramiento del yacimiento de San Juan Ante Portam Latinam durante la campaña de excavación de 1991 (Laguardia, Álava/Araba) (modificado de Fernández-Crespo et al., 2018).

Figura 2.1. 1) Localización general de los yacimientos estudiados en el norte de la península ibérica. 2) Localización del yacimiento de Atxuri-I con respecto a las ciudades de Bilbao y Vitoria-Gasteiz. 3) Localización del yacimiento de El Mirador con respecto a la ciudad de Burgos. 4) Localización de los yacimientos de Lumentxa y Abittaga con respecto a la localidad de Lekeitio.

Figura 2.2. Aspecto de la entrada del yacimiento de Abittaga durante la excavación en el año 2016 (modificado de Rios-Garaizar et al., 2020).

Figura 2.3. Plano de excavación del yacimiento de Abittaga. Las zonas marcadas indican donde fueron encontrados los restos humanos estudiados en este trabajo.

Figura 2.4. a1) Antigua localización del yacimiento de Atxuri-I con respecto a las localidades de Mañaria e Izurtza y a2) plano de excavación indicando la posición donde se han recuperado los restos que se han datado para este trabajo.

Figura 2.5. a-b) Localización de Lumentxa en el norte de la península ibérica, con respecto a las ciudades de Bilbao (B) y Vitoria-Gasteiz (V). c) Localización del yacimiento de Lumentxa con respecto a la localidad de Lekeitio. d) Plano de excavación de la cueva, marcando los diferentes periodos de excavación.

Figura 2.6. Desde arriba hasta abajo y desde la izquierda hasta la derecha: Localización de la Sierra de Atapuerca dentro de la península ibérica; localización del yacimiento de El Mirador dentro de la Sierra de Atapuerca con respecto a la localidad de Ibeas de Juarros; vista de la entrada del yacimiento; localización del Sector 200 dentro del mismo yacimiento; vista general de la acumulación de restos humanos en dicho sector.

Figura 2.7. Secuencia estratigráfica observada en el yacimiento de El Mirador, indicando su adscripción cronológica (modificado de Expósito y Burjasch, 2016).

Figura 2.8. Localización de los yacimientos usados como muestra de comparación de la península ibérica utilizados en el estudio biomecánico de Atxuri-I y Lumentxa (modificado de Ruff y Garvin, 2018).

Figura 2.9. Localización de los yacimientos usados como muestra de comparación de Francia e Italia utilizados en el estudio biomecánico de Atxuri-I y Lumentxa (modificado de Ruff y Garvin, 2018).

Figura 2.10. Localización de los yacimientos neolíticos y calcolíticos utilizados por Parkinson (2020) que van a servir como muestra comparativa para el estudio biomecánico de El Mirador (modificado de Parkinson, 2020). El desglose de las muestras puede observarse en el Apéndice A (Tablas S3, S5 y S6).

Figura 2.11. Localización de los yacimientos de diferentes periodos de la Prehistoria Reciente que se van a usar en el estudio biomecánico de El Mirador (modificado de Parkinson, 2020). El desglose de las muestras puede observarse en el Apéndice A (Tablas S4, S5 y S6).

Figura 3.1. Representación de la producción y desintegración del ^{14}C dentro del ciclo de carbono (Fallon, 2011).

Figura 3.2. Variación de la concentración de ^{14}C a lo largo del tiempo, donde se muestra la vida media del isótopo, así como la desintegración del carbono y su sustitución por ^{14}N (modificado de <https://geolodiaavila.com/2019/04/03/metodo-de-datacion-por-radiocarbono-o-carbono-14/>).

Figura 3.3. Ejemplo del estudio de los anillos de un tronco para la dendrocronología (modificado de <https://www.crowcanyon.org/index.php/dendrochronology>).

Figura 3.4. Resumen de algunos mecanismos que suceden en ambientes costeros, tales como la surgencia del agua o el intercambio de CO_2 atmosférico y marino (modificado de Alves et al., 2018).

Figure 3.5. Calibrated date of the individual from Abittaga.

Figure 3.6. Calibrated dates of the human remains from Atxuri-I.

Figure 3.7. Calibrated dates of the human remains from Lumentxa.

Figure 3.8. Location of Atxuri-I and Txotxinkoba in relation to other cave sites in the Western Pyrenees with Holocene dated human remains. 1: Las Pajucas, 2: Lacilla II, 3: Pico Ramos, 4: Covachón III, Punta Lucero II, 5: Urratxa II, 6: Arlanpe, 7: Askondo, 8: Atxuri-I, 9: Santimamiñe, 10: Txotxinkoba, 11: Lumentxa, 12: Langatxo, 13: Ekain, Linatzeta, Urriaga, 14: Iruaxpe I, 15: Arantzazu, Nardakoste IV, Urtao II, 16: San Adrian, 17: Aintzulo, 18: Karea B, 19: Marizulo, 20: J3, 21: Abauntz, 22: Aizpea. Padre Areso, Laà 3, Borededela 1 and 2, Houn de Laà, Laplace and Larrun 1 are situated further east of the area shown in the map.

Figure 3.9. Number of ^{14}C dates in human remains clustered by decades for each province/region.

Figure 3.10. Number of ^{14}C dates associated to each period from the Recent Prehistory.

Figure 3.11. Representation of ^{14}C dates made in human bones from sites in the province of Biscay. Upper figure corresponds to a general view, while lower figure shows a zoom of sites with low minimum number of individuals (MNI).

Figure 3.12. Representation of ^{14}C dates made in human bones from sites in the province of Gipuzkoa. Upper figure corresponds to a general view, while lower figure shows a zoom of sites with low minimum number of individuals (MNI).

Figure 3.13. Representation of ^{14}C dates made in human bones from sites in the provinces of Navarre and Béarn. Upper figure corresponds to a general view, while lower figure shows a zoom of sites with low minimum number of individuals (MNI).

Figura 4.1. Dibujo de un cráneo infantil del yacimiento de Lumentxa estudiado por Aranzadi (1929).

Figura 4.2. Expansión del haplogrupo J de ADN mitocondrial durante el Neolítico, que muestra la difusión de la cultura neolítica (basado en de la Rúa y Hervella, 2019).

Figura 4.3. Localización geográfica de las muestras empleadas en los estudios de genética del País Vasco, Cantabria y Navarra (modificado de de la Rúa et al., 2015). 1: La Pasiega; 2: La Chora; 3: El Mirón; 4: Pico Ramos; 5: Urratxa III; 6: Fuente Hoz; 7: Erralla; 8: Marizulo; 9: Paternanbidea; 10: Aizpea. Los Cascajos, SJAPL and Longar están situados más al este y al sur del área que se muestra en el mapa.

Figura 4.4. Desarrollo del grado de calcificación y de erupción en la dentición de individuos subadultos (modificado de Buikstra y Ubelaker, 1994).

Figura 4.5. Fases de desgaste observados en la dentición superior en individuos adultos (modificado de Lovejoy, 1985).

Figura 4.6. Fases de desgaste observados en la dentición inferior en individuos adultos (modificado de Lovejoy, 1985).

Figura 4.7. Medición de la longitud máxima en el 1º metatarsiano (Mt1), 2º metatarsiano (Mt2) y 4º metatarsiano (Mt4) (modificado de Pablos et al., 2013).

Figura 4.8. Medición de la longitud máxima en el 2º metacarpiano (Mc2) (Meadows et al., 1992).

Figure 4.9. Selected human remains from Abittaga: four vertebrae, eight metacarpals, four metatarsals and the left humerus of the Abittaga individual.

Figure 4.10. Minimum number of anatomical units estimated for every anatomical region: 1: Neurocranium; 2: Maxillae; 3: Mandibles; 4: Dentition (summed isolated and within maxillae and mandibles); 5: Cervical vertebrae; 6: Thoracic vertebrae; 7: Lumbar vertebrae; 8: Sternum; 9: Ribs; 10: Clavicles; 11: Scapulae; 12: Humeri; 13: Ulnae; 14: Radii; 15: Metacarpals; 16: Hand phalanges; 17: Femora; 18: Tibiae; 19: Fibulae; 20: Tali; 21: Calcanei; 22: Metatarsals; 23: Foot phalanges.

Figure 4.11. Selected bones representing the minimum number of individuals (MNI) represented in the Atxuri-I human collection.

Figure 4.12. Examples of anomalies and pathological lesions in the skeletal remains from the Atxuri-I cave site. From top to bottom: cranial view of a cervical vertebra with evidence of osteoarthritis on the vertebral body and the lower left articular facet; occlusal view of a maxilla with the first upper left premolar (P³) rotated.

Figure 4.13. Lateral (a1), superior (a2) and inferior (a3) views of the neurocranium, inferior (b1) and lateral (b2) views of the maxilla, and superior (c1) and lateral (c2) views of the mandible assigned to Individual 1. Lateral (d) view of the cranial remains of the Individual 2 (cranial drawing from Aranzadi, 1929), which show a similar age-at-death to Individual 1. The immature postcranial remains, a left humerus (e) and two pubis fragments (f, g) cannot be clearly attributed to any of these individuals.

Figure 4.14. Dental development of Individual 1 from Lumentxa. On the left: occlusal view showing the deciduous teeth (top), occlusal view showing all the teeth (middle, line indicates cross-section location) and cross section (bottom) of the mandible of Individual 1 showing the development of the M₁ in the crypt. On the right: mandible in anterior view showing the erupted deciduous molars (top), and all teeth (middle and bottom). This individual shows the cusp of the initiation of the P₃ and the crown of the M₁ is virtually complete which suggests an age of more than 2 years and around 2.5 years based on Smith (1991).

Figure 4.15. Mandibles of Individuals 3, 4 and 5 from Lumentxa in occlusal and lateral views. The mandible of Individual 3 (label: L.14H.5) provides an estimated age-at-death of between 15 and 21 years old, based on the complete root development of the three molars and the degree of dental wear (see text). Left: photographs. Right: 3D surface model (above) and radiograph (below) showing root development. The mandible of Individual 4 (label: L.14Z.455.2) belonged to an adult aged between 25 and 40 years old, based on dental wear (see text). Note the carious lesions in the cervical region of the M₁ and on the occlusal surface of the M₂. The mandible of Individual 5 (label: L.14Z.480.1) belonged to an older adult with an estimated age-at-death of between 40 and 55 years old, based on dental wear.

Figure 4.16. Anterior, posterior and superior views of the radius (L.30F.257.44.L10) assigned to Individual 5, showing a healed fracture of the proximal epiphysis. The grey images are 3D surface models derived from CT scans, while colour images are photographs.

Figure 4.17. Selected spinal anomalies from Individuals 5 and 6. Individual 5: selected cervical (top row), thoracic (middle row), lumbar vertebrae and sacrum (bottom row). * indicates osteophytes, while # indicates porosity. Individual 6: Cranial and lateral views of two pathological lumbar vertebrae whose vertebral bodies have collapsed, which probably resulted in postural problems in this individual. Note the presence of calcium carbonate crust adhering to the caudal-most vertebra.

Figure 4.18. Taphonomic modifications observed on the human remains from Lumentxa: a) cranium with postdepositional fracture (black dashed line), a1) biochemical erosion (white arrows) and modern

damage from metal tools (black arrow), a2) trampling; b) gnawing of the proximal epiphysis of the femur, furrowing (*) and bite marks (scores and pits, black arrows); c) humerus with a total loss of the epiphyses by furrowing finally generating scooping out (#), (pits, black arrows); d) loss of the epiphysis (#) and associated bite marks (scores) (arrows); e) subadult humerus with tissue loss (^), e1) enlargement of the slight biochemical erosion with colour changes (white arrows), cementation (black dotted arrow) and black staining by precipitation of manganese oxide (black arrow).

Figure 4.19. Two views of the human remains (Individual 5) scattered mainly in squares 28F and 28G (spit 9) during the 1990 field season. The black lines indicate the humerus (label: L.28F.240.5.1.L9) found in the square 28F, the femur (label: L.28G.253,5.9.L9) found in square 28G and their location on the cave. The red lines indicate the separation between the 1963-1964 excavation of Barandiarán and that directed by José Luis Arribas.

Figure 4.20. Anterior view of two humeri (label: L.30J.9.L5, left; label: L.30H.26.L5, right) assigned to the Individual 7.

Figure 4.21. Occlusal (left), lingual (middle) and vestibular (right) views of a left M_3 (label: L.22G.27.L8), which is not associated with any specific individual.

Figure 4.22. Occlusal view of a deciduous second molar (label: L.28G.139.L7), which is not associated with any specific individual.

Figure 4.23. Bone representation index (BRI) and percentage completeness (%PCI) of each anatomical region of the sites of Atxuri-I and Txotxinkoba (García-Sagastibelza et al., 2020b). Black columns: Atxuri-I; Grey columns: Txotxinkoba; Black asterisk: indicates the inability to calculate the variable for a specific anatomical region, due to the lack of the bones of that region or to its high fragmentation.

Figure 4.24. Stature and body mass estimations of Lumentxa, El Mirador and Atxuri-I (marked in red) and some comparative samples from the Recent Prehistory in Iberian Peninsula, France and Italy (Holt et al., 2018b; Ruff and Garvin, 2018). Grey boxes: male samples; white boxes: female samples.

Figura 5.1. Ejemplo de modelo estudiado en la teoría de adaptación funcional ósea (modificado de Ruff et al., 2006a).

Figura 5.2. Tipos de cargas mecánicas que puede experimentar un hueso (modificado de Knudson, 2007).

Figura 5.3. Corte de la sección transversal de un fémur (extraída de Stock y Shaw, 2007) donde se representan una selección de las propiedades geométricas más relevantes. a) representación de las variables mecánicas: área medular (AM), área cortical (AC) y área total (AT), b) representación de las variables de rigidez: I_x e I_y (segundo momento de área en función de los ejes), $I_{máx}$ e $I_{mín}$ (segundo momento de área máximo y mínimo).

Figura 5.4. Valor del índice de circularidad en función de la sección transversal del hueso (I_x/I_y ; modificado de Ruff, 1987).

Figura 5.5. Tomografía axial cuantitativa periférica (pQCT) de la sección transversal a media diáfisis del húmero del lado dominante y no dominante de diferentes tipos de deportistas y grupos control, donde puede observarse el grosor del área cortical (Shaw y Stock, 2009b).

Figura 5.6. Tomografía axial cuantitativa periférica (pQCT) de la sección transversal del 50% de la tibia derecha de diferentes tipos de deportistas y grupos control, donde puede observarse el grosor del área cortical (Shaw y Stock, 2009a).

Figura 5.7. De arriba a abajo: Tomografía axial computarizada utilizada para el escaneo de los huesos largos (imagen obtenida de <https://www.gruposcanner.biz/tac-bilbao#tac>); imagen del momento de la realización de un TAC del fémur izquierdo de Atxuri-I.

Figura 5.8. Escáner de superficie GO!Scan 20 y el software VXelements, en el que aparece escaneado un maxilar izquierdo de *Coelodonta antiquitatis* del yacimiento de Mainea (Uitzi, Navarra; publicado por Rodríguez-Almagro et al., 2021).

Figura 5.9. Corte de la sección transversal del 50% de la diáfisis de un fémur.

Figura 5.10. Corte de la sección transversal del 50% de la diáfisis de un fémur, con el área medular rellena para obtener el área total (AT).

Figura 5.11. Orientación dentro del sistema de coordenadas xyz de cada uno de los huesos largos utilizados. Prox: proximal; dist: distal; ant: anterior; med: medial; lat: lateral (modificado de Ruff, 2002).

Figure 5.12. Anterior view of the 3D surface model of the right humerus (label: L.28F.240,5.1.L9) and the left femur (label: L.28G.253,5.9.L9) of the Individual 5 from Lumentxa. 35% and 50% sections are represented on the humerus, while all sections are can be observed on the femur (20%, 35%, 50%, 65% and 80% of biomechanical length measured from the distal end).

Figure 5.13. Percentage cortical area and polar section modulus of the humerus (35% section) and femur (50% section) of the Individual 5 from Lumentxa, ascribed to the Neolithic, compared to male and female samples from Western Europe. Grey boxes: samples from France and Italy (Holt et al., 2018a); white boxes: samples from the Iberian Peninsula (Ruff and Garvin, 2018); red line: Lumentxa individual; IP: single data from the Iberian Peninsula (Ruff and Garvin, 2018); J: medieval sample from Jau-Dignac-et-Loirac, ascribed to the 7th-8th century.

Figure 5.14. Anterior view of the 3D surface model of the femur from Atxuri-I Individual (label: ATXI.27B.70). Five sections along the diaphysis of the bone were studied (20%, 35%, 50%, 65% and 80% of biomechanical length measured from the distal end).

Figure 5.15. Percentage cortical area and polar section modulus of the midshaft section of the Bronze Age Individual from Atxuri-I, compared to male and female samples from Western Europe. Grey boxes: samples from France and Italy (Holt et al., 2018a); white boxes: samples from the Iberian Peninsula (Ruff and Garvin, 2018); red line: Atxuri-I individual; J: medieval sample from Jau-Dignac-et-Loirac, ascribed to the 7th-8th century.

Figure 5.16. Total area (TA) of the mid-distal section of the El Mirador humeri (marked in red), compared to comparative samples of different chronologies from Western and Central Europe (data from Parkinson, 2020). Note that Parkinson's (2020) indeterminate-sex samples were not included in this figure.

Figure 5.17. Total area (TA) of the mid-distal section of the El Mirador humeri (marked in red), compared to Neolithic and Copper Age samples from Western and Central Europe (data from Parkinson, 2020). White boxes: male samples; grey boxes: female samples.

Figure 5.18. Polar second moment of area (J) of the mid-distal section of the El Mirador humeri (marked in red), compared to Neolithic and Copper Age samples from Western and Central Europe (data from Parkinson, 2020) by sex (white boxes: male samples; grey boxes: female samples).

Figure 5.19. Shape index (I_x/I_y) of the mid-distal section of the El Mirador humeri (marked in red), compared to Neolithic and Copper Age samples from Western and Central Europe (data from Parkinson, 2020) by sex (white boxes: male samples; grey boxes: female samples).

Figure 5.20. Total area (TA) of the midshaft section of the El Mirador femora (marked in red), compared to comparative samples of different chronologies from Western and Central Europe (data from Parkinson, 2020). Upper figure refers to pooled-sex samples, while the lower figure corresponds samples by sex (white boxes: male samples; grey boxes: female samples). Note that Parkinson's (2020) indeterminate-sex samples were not included in this figure.

Figure 5.21. Polar second moment of area (J) of the midshaft section of the El Mirador femora (marked in red), compared to Neolithic and Copper Age samples from Western and Central Europe (data from Parkinson, 2020) by sex (white boxes: male samples; grey boxes: female samples).

Figure 5.22. Shape index (I_{\max}/I_{\min}) of the midshaft section of the El Mirador femora (marked in red), compared to comparative samples of different chronologies from Western and Central Europe (data from Parkinson, 2020). Upper figure refers to pooled-sex samples, while the lower figure corresponds to samples by sex (white boxes: male samples; grey boxes: female samples). Note that Parkinson's (2020) indeterminate-sex samples were not included in this figure.

Figure 5.23. Total area (TA) of the midshaft section of the El Mirador tibiae (marked in red), compared to comparative samples of different chronologies from Western and Central Europe (data from Parkinson, 2020). Upper figure refers to pooled-sex samples, while the lower figure corresponds samples by sex (white boxes: male samples; grey boxes: female samples). Note that Parkinson's (2020) indeterminate-sex samples were not included in this figure.

Figure 5.24. Polar second moment of area (J) of the midshaft section of the El Mirador tibiae (marked in red), compared to Neolithic and Copper Age samples from Western and Central Europe (data from Parkinson, 2020) by sex (white boxes: male samples; grey boxes: female samples).

Figure 5.25. Shape index (I_{\max}/I_{\min}) of the midshaft section of the El Mirador tibiae (marked in red), compared to comparative samples of different chronologies from Western and Central Europe (data from Parkinson, 2020). Upper figure refers to pooled-sex samples, while the lower figure corresponds to samples by sex (white boxes: male samples; grey boxes: female samples). Note that Parkinson's (2020) indeterminate-sex samples were not included in this figure.

Figure 5.26. Bivariate plot of maximum length and distal articular width measurements for each humerus for El Mirador collection, by sex and side.

Figure 5.27. Bivariate plot of maximum length and proximal width measurements for each humerus for El Mirador collection, by sex and side.

Figure 5.28. Bivariate plot of distal articular width and proximal width measurements for each humerus for El Mirador collection, by sex and side.

Figure 5.29. From left to right: Anterior view of the proximal epiphysis of humeri 3 and 9; Posterior view of the proximal epiphysis of humeri 3 and 9; Anterior view of the distal epiphysis of humeri 3 and 9; Posterior view of the distal epiphysis of humeri 3 and 9.

Figure 5.30. From left to right: Anterior view of the proximal epiphysis of humeri 7 and 12; Posterior view of the proximal epiphysis of humeri 7 and 12; Anterior view of the distal epiphysis of humeri 7 and 12; Posterior view of the distal epiphysis of humeri 7 and 12.

Figure 5.31. From left to right: Anterior view of the proximal epiphysis of humeri 14 and 18; Posterior view of the proximal epiphysis of humeri 14 and 18; Anterior view of the distal epiphysis of humeri 14 and 18; Posterior view of the distal epiphysis of humeri 14 and 18.

Figure 5.32. From left to right: Anterior view of the proximal epiphysis of humeri 15 and 17; Posterior view of the proximal epiphysis of humeri 15 and 17; Anterior view of the distal epiphysis of humeri 15 and 17; Posterior view of the distal epiphysis of humeri 15 and 17.

Figure 5.33. From left to right: Anterior view of the proximal epiphysis of humeri 16 and 21; Posterior view of the proximal epiphysis of humeri 16 and 21; Anterior view of the distal epiphysis of humeri 16 and 21; Posterior view of the distal epiphysis of humeri 16 and 21.

Figure 5.34. Medial and anterior view of humerus n°3 (label: 2010- MIR203- T35- n°9, right side) and anterior and medial view of humerus n°9 (label: 2009- MIR201- n°3, left side) that represent a male individual.

Figure 5.35. Medial and anterior view of humerus n°16 (label: 2012- MIR201- P36- n°71 + 2013- MIR203- Q37- n°47, right side) and anterior and medial view of humerus n°21 (label: 2016- MIR202- O36- n°88, left side) that represent a female individual.

Figure 5.36. Directional asymmetry (%DA) of the standardised total area (TA) of the mid-distal section of the El Mirador humeri (marked in red), compared to comparative samples of different chronologies from Western and Central Europe (data from Parkinson, 2020). White boxes: male samples; grey boxes: female samples; red lines: asymmetry of each individual identified of El Mirador; red asterisk: overall mean asymmetry of El Mirador; red hashtag: overall median asymmetry of El Mirador. Note that Parkinson's (2020) indeterminate-sex samples were not included in this figure.

Figure 5.37. Directional asymmetry (%DA) of the standardised polar second moment of area (J) of the mid-distal section of the El Mirador humeri (marked in red), compared to comparative samples of different chronologies from Western and Central Europe (data from Parkinson, 2020). White boxes: male samples; grey boxes: female samples; red lines: asymmetry of each individual identified of El Mirador; red asterisk: overall asymmetry of El Mirador; red hashtag: overall median asymmetry of El Mirador. Note that Parkinson's (2020) indeterminate-sex samples were not included in this figure.

Figure 5.38. Directional asymmetry (%DA) of the shape index (I_x/I_y) of the mid-distal section of the El Mirador humeri (marked in red), compared to comparative samples of different chronologies from Western and Central Europe (data from Parkinson, 2020). White boxes: male samples; grey boxes: female samples; red lines: asymmetry of each individual identified of El Mirador; red asterisk: overall asymmetry of El Mirador; red hashtag: overall median asymmetry of El Mirador. Note that Parkinson's (2020) indeterminate-

sex samples were not included in this figure.

Figure 5.39. Absolute asymmetry (%AA) of the standardised total area (TA) of the mid-distal section of the El Mirador humeri (marked in red), compared to comparative samples of different chronologies from Western and Central Europe (data from Parkinson, 2020). White boxes: male samples; grey boxes: female samples; red lines: asymmetry of each individual identified of El Mirador; red asterisk: overall asymmetry of El Mirador; red hashtag: overall median asymmetry of El Mirador. Note that Parkinson's (2020) indeterminate-sex samples were not included in this figure.

Figure 5.40. Absolute asymmetry (%AA) of the standardised second polar moment of area (J) of the mid-distal section of the El Mirador humeri (marked in red), compared to comparative samples of different chronologies from Western and Central Europe (data from Parkinson, 2020). White boxes: male samples; grey boxes: female samples; red lines: asymmetry of each individual identified of El Mirador; red asterisk: overall asymmetry of El Mirador; red hashtag: overall median asymmetry of El Mirador. Note that Parkinson's (2020) indeterminate-sex samples were not included in this figure.

Figure 5.41. Absolute asymmetry (%AA) of the shape index (I_x/I_y) of the mid-distal section of the El Mirador humeri (marked in red), compared to comparative samples of different chronologies from Western and Central Europe (data from Parkinson, 2020). White boxes: male samples; grey boxes: female samples; red lines: asymmetry of each individual identified of El Mirador; red asterisk: overall asymmetry of El Mirador; red hashtag: overall median asymmetry of El Mirador. Note that Parkinson's (2020) indeterminate-sex samples were not included in this figure.

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1. Tabla resumen de las características principales de los distintos periodos de la Prehistoria e inicios de la Protohistoria durante el Holoceno en los Pirineos Atlánticos Occidentales (PAO).

Tabla 1.2. Síntesis de los artículos científicos publicados y los congresos asistidos durante la realización de la Tesis Doctoral.

Tabla 2.1. Resumen del material y la metodología utilizadas en cada bloque de estudio.

Tabla 2.2. Lista de yacimientos utilizados para la comparación de las variables de la estatura y masa corporal.

Table 3.1. Radiocarbon dates of human remains from Abittaga, Atxuri-I and Lumentxa sites organized chronologically from the most recent to the oldest.

Table 3.2. Number of dates* made in human remains in each province/region.

Table 3.3. Cave sites in the Atlantic Western Pyrenees with directly dated human remains.

Table 3.4. Radiocarbon dates of human remains from megalithic structures in the province of Gipuzkoa.

Tabla 4.1. Tabla resumen de los objetivos y el material estudiado por yacimiento.

Tabla 4.2. Número mínimo de elementos (NME) y número mínimo de individuos (NMI) estudiados en el yacimiento de El Mirador.

Tabla 4.3. Rangos máximos de edad de la fusión de las epífisis más tardías (Scheuer et al., 2000).

Tabla 4.4. Fórmulas de determinación del sexo en el húmero (France, 1983).

Tabla 4.5. Determinación del sexo en el fémur a partir de sus dimensiones (Pearson, 1917-1919).

Tabla 4.6. Medidas tradicionales utilizadas en la muestra comparativa para la determinación del sexo por medio del análisis cluster K-medias.

Tabla 4.7. Fórmulas de estimación de estatura empleadas en los huesos largos.

Tabla 4.8. Fórmulas de estimación de estatura empleadas en los metatarsianos y metacarpianos.

Tabla 4.9. Fórmulas empleadas en la estimación de la masa corporal.

Tabla 4.10. Código numérico utilizado para identificar anomalías en las vértebras.

Table 4.11. Summary of all the palaeobiological information of the studied collections.

Table 4.12. Number of remains (NR) and minimum number of elements (MNE) of the cave of Abittaga.

Table 4.13. Stature (\pm SEE; all in cm) of the individual from Abittaga based on regression formulae for metacarpals^a and metatarsals^b.

Table 4.14. Number of identified specimens (NISP) and minimum number of elements (MNE) of the

human remains from the Atxuri-I cave site.

Table 4.15. Minimum number of individuals (MNI) of the cave of Atxuri-I and possible elements associated to each individual.

Table 4.16. Age-at-death estimation of the human individuals from Atxuri-I based on the dentition.

Table 4.17. Sex assessment on the four humeri preserved on Atxuri-I.

Table 4.18. Sex assessment on the left femur (label: ATXI.27B.70)*.

Table 4.19. Sex assessment on the first and second metatarsal bones.

Table 4.20. Stature (\pm SEE; all in cm) and body mass estimations in the site of Atxuri-I.

Table 4.21. Minimum number of elements (MNE) of the cave of Lumentxa.

Table 4.22. Minimum number of individuals (MNI) of the cave of Lumentxa and the minimum number of elements (MNE) associated to each individual.

Table 4.23. Age-at-death determination for individuals from Lumentxa based on the dentition.

Table 4.24. Sex assessment on the right humerus (label: L.28F.240,5.1.L9) of the Individual 5 of Lumentxa (France, 1983).

Table 4.25. Sex assessment on the left femur (label: L.28G.253,5.9.L9) of the Individual 5 of Lumentxa (Bass, 2005).

Table 4.26. Quantification of the degree of osteoarthritis in the Individual 4.

Table 4.27. Quantification of the degree of osteoarthritis in the Individual 5.

Table 4.28. Quantification of the degree of osteoarthritis in the Individual 6.

Table 4.29. Anatomical representation of the individuals identified in the site of Lumentxa.

Table 4.30. Taphonomic modifications of human skeletal remains from Lumentxa.

Table 4.31. Descriptive statistics of the Euroamerican humeral sample and the descriptive statistics after the *K-means* classification.

Table 4.32. Descriptive statistics of the Euroamerican femoral sample and the descriptive statistics after the *K-means* classification.

Table 4.33. Descriptive statistics of the Euroamerican tibial sample and the descriptive statistics after the *K-means* classification.

Table 4.34. Sex assessment of long bones from El Mirador sample, following the method of *K-means* cluster analysis.

Table 4.35. The estimation of stature and body mass in femora and tibiae depending on the sex.

Table 4.36. Bone representation index (BRI) and percentage of completeness of the bones of the Atxuri-I site.

Table 4.37. (MNI) and sex assessment performed in El Mirador in this study compared to previous studies.

Table 4.38. Stature and body mass estimations of the collections and some comparative samples from the Recent Prehistory in Iberian Peninsula, France and Italy.

Tabla 5.1. Propiedades geométricas de la sección transversal (PGST) e índices de forma cuantificados en los huesos largos.

Tabla 5.2. Resumen de los huesos largos estudiados en cada yacimiento.

Tabla 5.3. Fórmulas en base logarítmica usadas para el primer paso de la estimación del diámetro de la cabeza femoral (DCF) a partir de la tibia.

Tabla 5.4. Fórmulas usadas para la estandarización de las propiedades geométricas de la sección transversal.

Table 5.5. Standardised and non-standardised cross-sectional geometric properties of the Lumentxa right male humerus (label: L.28F.240,5.1.L9) and left male femur (label: L.28G.253,5.9.L9).

Table 5.6. Raw (non-standardised) and standardised cross-sectional geometric properties on the midshaft section of the left femur of the site of Atxuri-I (label: ATXI.27B.70).

Table 5.7. Raw (non-standardised) and standardised cross-sectional geometric properties for the 35% section of the humeri of the site of El Mirador and the comparative samples.

Table 5.8. Raw (non-standardised) and standardised cross-sectional geometric properties for the 50% section of the femora of the site of El Mirador and the comparative samples.

Table 5.9. Raw (non-standardised) and standardised cross-sectional geometric properties for the 50% section of the tibiae of the site of El Mirador and the comparative samples.

Table 5.10. Study of the association of the humeri from the El Mirador collection.

Table 5.11. Most probable associations of the humeri from El Mirador collection.

Table 5.12. Directional asymmetry (%DA¹) and absolute asymmetry (%AA²) of the associated humeri from El Mirador.

Table 5.13. Overall directional asymmetry (%DA) and absolute asymmetry (%AA) in humeri from El Mirador.

Table 5.14. Directional (%DA) and absolute asymmetries (%AA) in Mesolithic, Neolithic, Bronze Age, Roman Age and Medieval Age comparative humeral data from Parkinson (2020).

RESUMEN

El norte de la península ibérica es conocido por albergar un número relevante de yacimientos arqueológicos que presentan restos humanos adscritos a la Prehistoria Reciente. El objetivo de esta tesis doctoral es aumentar el conocimiento sobre la paleobiología y cronología de las poblaciones humanas del norte de la península ibérica del Holoceno. Para ello se han estudiado varios yacimientos de la vertiente atlántica de los Pirineos Occidentales (PAO) y la Sierra de Atapuerca. Los PAO destacan por servir de pasillo biológico y cultural entre la península ibérica y el resto de Europa, así como por presentar una gran diversidad de paisajes en un área relativamente pequeña. La Sierra de Atapuerca, a su vez, también presenta una gran biodiversidad y por su localización, entre dos cadenas montañosas y dos grandes cuencas hídricas, también funciona como punto de paso.

Esta tesis doctoral se organiza alrededor de tres capítulos principales que tratan tres temáticas diferentes pero interrelacionadas: cronología, antropología tradicional y estudio biomecánico de los huesos largos estudiando sus secciones. Este trabajo se centra en el estudio de tres yacimientos de la provincia de Bizkaia (Abittaga, Atxuri-I y Lumentxa) y un yacimiento situado en la Sierra de Atapuerca (El Mirador).

En el primer capítulo principal, centrado en el estudio cronológico, se ha realizado una recopilación bibliográfica de aquellos yacimientos que presentan restos humanos del Holoceno. Se han identificado un total de 187 cuevas en los PAO, de las cuales solo en 38 de ellas se han datado restos humanos. Se han contabilizado un total de 70 dataciones, estando aproximadamente la mitad de las dataciones localizadas en la provincia de Bizkaia (36 dataciones en 15 yacimientos), seguido de las 18 dataciones recopiladas en la provincia de Gipuzkoa (en 13 yacimientos). La mayoría de estas dataciones están adscritas al Calcolítico y a la Edad de Bronce (con 32 y 25 dataciones), mientras que los restos datados del Mesolítico y del Neolítico son más escasos (con 4 y 6 dataciones). El Calcolítico y la Edad de Bronce también destacan por ser los periodos donde más individuos se han inhumado (p. ej., Pico Ramos y Urtiaga), siendo común encontrar yacimientos con restos humanos cuyas cronologías se circunscriben únicamente a estos periodos.

En este estudio se presentan 7 nuevas dataciones. Una de las fechas del yacimiento de Atxuri-I corresponde a la primera datación directa de un individuo mesolítico de Bizkaia. A su vez, dos de las fechas obtenidas en el yacimiento de Lumentxa corresponden a la primera datación directa de un individuo del Neolítico y a la segunda datación directa de un individuo del Neolítico Inicial. Por otro lado, la recopilación de información cronológica y la comparación con las dataciones obtenidas en estructuras megalíticas han

permitido observar diferentes usos funerarios en cuevas de los PAO, tales como un uso sepulcral único (Abittaga), un uso de baja frecuencia prolongada durante un largo periodo de tiempo (Atxuri-I y Lumentxa, así como Santimamiñe) y un uso de alta frecuencia durante un periodo de tiempo relativamente corto, que son típicas del Calcolítico y la Edad de Bronce (p. ej., Pico Ramos y Abauntz).

En el segundo capítulo principal se ha abordado el estudio de los restos humanos de tres yacimientos de Bizkaia y de los huesos largos pertenecientes a individuos adultos del yacimiento de El Mirador (Sierra de Atapuerca, Burgos). Este estudio ha permitido conocer la presencia un individuo probablemente femenino en Abittaga, mientras que en Atxuri-I y Lumentxa se han identificado la presencia tanto de individuos subadultos y adultos de ambos sexos, con la presencia de un mínimo de 9 y 7 individuos respectivamente. En el caso de la colección de El Mirador, se ha determinado la presencia de un mínimo de 21 individuos adultos en base a los huesos largos. La determinación sexual usando la colección de fémures indica la presencia aproximadamente equitativa de hombres y de mujeres en este yacimiento, lo cual es coherente con los resultados de estudios previos de esta colección en base a otras regiones anatómicas. El estudio de la estatura y masa corporal de los individuos de los yacimientos estudiados entran dentro de los rangos de variación de otras muestras de sus mismas cronologías.

Por último, el tercer capítulo principal trata sobre el estudio de las propiedades geométricas de las secciones transversales (PGST) de los huesos largos de los yacimientos bizkainos de Atxuri-I y Lumentxa y de El Mirador (Sierra de Atapuerca, Burgos). Las PGST permiten cuantificar los cambios potenciales que un hueso puede experimentar debido a la carga mecánica, y pueden clasificarse en tres grupos diferentes: mecánica, rigidez y solidez. Los parámetros mecánicos son aquellos que están relacionados con el área y pueden indicar la robustez del hueso, dividiéndose en área total (AT), área cortical (AC) y porcentaje del área cortical (CA%). A su vez, los parámetros basados en el segundo momento de área (I) muestran la resistencia o rigidez del hueso ante las cargas mecánicas: este parámetro puede indicar esa resistencia con respecto al eje antero-posterior (I_x), medio-lateral (I_y) y al eje máximo ($I_{m\acute{a}x}$) y mínimo ($I_{m\acute{i}n}$). El sumatorio de uno de los dos grupos permite conocer el momento polar de inercia (J), mientras que los dos índices (I_x/I_y y $I_{m\acute{a}x}/I_{m\acute{i}n}$) dan información acerca de la circularidad de la diáfisis del hueso. Por último, el parámetro de la sección polar modular (Z_p) que aporta la medición de la solidez frente a las cargas mecánicas que actúan sobre el hueso.

Los huesos largos de los yacimientos de Atxuri-I y Lumentxa se han escaneado por medio de la tomografía axial computarizada (TAC), siendo el primer estudio de estas características que se realiza en los PAO. El húmero y el fémur del individuo Neolítico de

Lumentxa presenta unos valores intermedios tanto de robustez (CA%) como solidez (Z_p), que se sitúan entre las medias de las muestras mesolíticas y de la Edad de Bronce de la península. A su vez, los parámetros obtenidos en los huesos de este individuo son similares a las medias de las poblaciones neolíticas de Francia e Italia. Por otro lado, el individuo de Atxuri-I muestra similitudes con mujeres de la Edad de Bronce de la península ibérica en robustez (CA%) y solidez (Z_p), si bien su valor es ligeramente superior a los de la colección de Francia e Italia de la misma cronología.

En la colección de El Mirador, los individuos masculinos, tanto en fémures como en tibias, muestran valores más altos de robustez (área total del hueso), circularidad de la diáfisis ($I_{máx}/I_{mín}$) y rigidez (J) que las mujeres. En el estudio de las extremidades superiores, por el contrario, se observan valores más altos en las mismas variables en mujeres que en hombres. Además, el estudio preliminar de la asimetría en los húmeros indica una lateralidad hacia el brazo izquierdo (asimetría direccional) en los valores de las medias y medianas de la robustez (AT) y rigidez (J) en mujeres, así como una asimetría absoluta mayor en mujeres que en hombres para las tres variables estudiadas (AT, J e $I_{máx}/I_{mín}$). Estas diferencias de resultados entre sexos y extremidades superiores e inferiores pueden implicar una división del trabajo en función del sexo, donde los hombres serían responsables del pastoreo y de realizar tareas unimanuales, mientras que las mujeres serían responsables de realizar tareas bimanuales domésticas.

LABURPENA

Doktoretza-tesi honen helburua Iberiar Penintsulako iparraldean dauden historiaurreko gizaki biztanleriaren paleobiologian eta kronologian aurreratzea da, batez ere Mendebaldeko Pirinio Atlantikoetan (MPA) eta Atapuercako mendikatean. Helburu hau lortzeko, ikerketa kronologiko, antropologiko eta biomekanikoak egin dira Bizkai probintziako hiru aztarnategi desberdinetan (Abittaga, Atxuri-I, Lumentxa) eta Atapuercako konplexu arkeo-paleontologikoko aztarnategi batean (El Mirador).

MPA-n ehorzketa erabilerarako kobazuloen erabilpenaren ikerketa kronologikoa eskualde honetan 187 aztarnategi identifikatzea ahalbidetu du, eta hauetatik giza hezurak zuzenean bakarrik 38 kobazuloetan datatu egin dira. Guztira 70 datazio bildu dira, horietatik erdia Bizkaiako probintzian lokalizatzen dira (36 datazio 15 kobazuloetan). Datazio gehienak Kalkolitara eta Brontze Arora adskribatuta daude (32 eta 25 datazio hurrenez hurren), eta horrek kointziditzen du gizaki indibiduo gehien dauzkaten kobazuloekin. Barrunbearen hileta erabilera desberdinak identifikatu egin dira eskualdean: hilobiaren erabilera bakarra (adibidez, Abittaga), barrunbearen maiztasun baxuko erabilera denboraldi luzean zehar (adibidez, Lumentxa, Atxuri-I eta Santimamiñe) eta barrunbearen maiztasun altuko erabilera denboraldi erlatiboki laburrean zehar (adibidez, Pico Ramos, Abautz).

Bizkaiako hiru aztarnategietan egindako ikerketa paleobiologikoak Abittagan probabilitatea duen emakumezko heldu baten eta Atxuri-I eta Lumentxan (9 eta 7 indibiduo) heldugabeen eta bi sexuko helduen presentzia adierazi dute. El Miradorren kolekzioaren kasuan, gutxienez 21 indibiduo heldu hezur luzeetan oinarrituta irudikatzen dira. Bilduma honetan, femurren bidez egindako sexu determinazioak erakutsi du gizon eta emakume indibiduoak presente daudela, aztarnategian egindako aurreko ikerketetan beste erregio-anatomikoetan ateratako antzeko emaitzak erakutsiz. MPA-ko beste aztarnategietan, sexu eta adin tarte desberdinetako indibiduen presentzia kronologiaren arabera da (batez ere Kalkolitikoan eta Brontze Aroan), nahiz eta posiblea ez izan alborapen presentziarik ebaluatu eskuragai dauden laginen zenbaki baxua delako. Ikertutako indibiduen altueraren eta masa korporalaren estimazioa Iberiar Penintsulako kronologia berbera duten eskuragai dauden laginen (baina mugatuta) antzekoak dira.

Atxuri-I eta Lumentxako hezurren zeharkako sekzioen propietateen ikerketa CT eskanerra erabiliz egin zen eta MPA-n egindako lehen ikerketa mota da. Lumentxako indibiduoak, sendotasuna (area kortikalaren ehunekoa; %CA) eta finkotasuna (moduluaren sekzio polarra; Z_p) parametroetarako, bitarteko baloreak aurkezten ditu Iberiar Penintsulako Mesolitiko eta Brontze Aroko laginetan konparatuta, bai humeroan eta bai femurrean. Hala ere, parekotasunak erakusten ditu Frantzia eta Italiako Neolitiko laginekin, eskualde desberdinetako laginen (mugatuak) artean aktibitate mailan antzekotasunak

adierazi ahal ditzakeenak. Atxuri-Iko indibiduoak, bestalde, Iberia Penintsulako Brontze Aroko emakumeekin antzekotasunak erakusten ditu sendotasunerako (%CA) eta finkotasunerako (Z_p), mobilitate maila antzekoa iradokiz. El Miradorreko ikerketak sexuen arteko emaitza desberdinak adierazi ditu, gizonak emakumeak baino sendotasun (area totala; TA), zurruntasun (arearen bigarren mometu polarra: J) eta diafisiaren zirkulu forma (formaren indizea; I_{max}/I_{min}) gehiago dute beheko gorputz-adarrean, emakumeak parametro berberetarako balore altuagoak aurkeztzen dituzten bitartean goiko gorputz-adarrean. Gainera, humeroen datu orokorren asimetriaren atariko ikerketan adierazi egin da emakumeak gizonak baino asimetria gehiago daukatela, ezkerreko besora aldera joaten den lateralitatea aurkeztuz.

ABSTRACT

The objective of this PhD is to advance in the knowledge of the palaeobiology and chronology of the human populations of the Recent Prehistory in the north of the Iberian Peninsula, specifically the Atlantic Western Pyrenean area (AWP) and in the Atapuerca archaeo-palaeontological complex. In order to reach this objective, chronological, anthropological and biomechanical studies have been performed in three sites at the province of Biscay (Abittaga, Atxuri-I, Lumentxa) and one site at the archaeo-palaeontological complex of Atapuerca (El Mirador).

The study of the chronology of the use of caves for burial purposes in the AWP has allowed the identification of 187 caves with human remains in this region, from which human remains have been directly dated only in 38 sites. A total of 70 dates have been gathered, half of them located in the province of Biscay (36 in 15 sites). Most of the dates are ascribed to Chalcolithic and Bronze Age (32 and 25 dates respectively), which also coincides with the sites with more human individuals. There are several types of funerary use of the cavities that have been identified in the region: a single sepulchral use (e.g., Abittaga), a low frequency use of the cavity during a long period of time (e.g., Lumentxa, Atxuri-I and Santimamiñe) and a high frequency use during a relatively short period of time (e.g., Pico Ramos, Abauntz).

The palaeobiological study in these three sites of Biscay has pointed out the presence of a probable female adult individual in Abittaga, as well as the presence of subadults and adults of both sexes in Atxuri-I and Lumentxa (MNI of 9 and 7 respectively). In the case of El Mirador collection, a minimum of 21 adult individuals are represented based on the long bones. In this collection, the sex assessment made on femora has pointed out the presence of both male and female individuals, showing similar results to previous works of the site on other anatomical regions. In other sites from the AWP, the presence of individuals of different sex and age ranges depends on the chronology (especially during Chalcolithic and Bronze Age), although it is not possible to assess the presence of any bias due to the low number of available samples. The stature and body mass estimation of the studied individuals tend to be similar to the available (but limited) samples from the same chronologies from the Iberian Peninsula.

The study of the cross-sectional properties of the bones of Atxuri-I and Lumentxa was performed using CT scans and it is the first study of this kind performed in the AWP. The Lumentxa individual, for robusticity (percentage of cortical area; %CA) and strength (polar section modulus; Z_p) variables, presents intermediate values between Mesolithic and Bronze Age samples from Iberian Peninsula in both humerus and femur. However, this individual shows similarities with Neolithic samples from France and Italy, which

could indicate similarities in the degree of activity in the (limited) samples from different regions. The Atxuri-I individual, on the other hand, shows similarities with Bronze Age females from Iberia in robusticity (%CA) and strength (Z_p), which suggest a similar degree of mobility. The study of El Mirador has pointed different results between sexes, as males present more robusticity (total area; TA), rigidity (polar second moment of area; J) and circularity of the diaphysis (shape index; I_{\max}/I_{\min}) in lower limbs than females, while females present greater values for these parameters in the study of the upper limbs. Moreover, the preliminary study of the asymmetry on the overall data of the humeri has pointed out that females have more asymmetry than males, presenting a handedness towards the left arm.

RÉSUMÉ

L'objectif de cette thèse doctorale est de proposer de nouvelles avancées dans le domaine de la paléobiologie et la chronologie des populations de la Préhistoire Récente dans le nord de la Péninsule Ibérique, spécialement la zone des Pyrénées Occidentales Atlantiques (POA) et le site archéo-paléontologique d'Atapuerca. Afin d'atteindre cet objectif, cette recherche doctorale s'est focalisée sur des données chronologiques, anthropologiques et biomécaniques à partir de trois sites de la province de Biscaye (Abittaga, Atxuri-I, Lumentxa) et un site d'Atapuerca (El Mirador).

Les données chronologiques recompilées sur l'utilisation des grottes à des fins funéraires dans les POA ont permis l'identification de 187 grottes avec des restes humains, mais seuls 38 sites ont livré des restes humains datés directement. Au total, 70 dates ont été collectées, dont la moitié correspond à des sites de Biscaye (36 dates sur 15 sites). La plupart des dates sont attribuées aux périodes du Chalcolithique et de l'Âge du Bronze (32 et 25 dates respectivement). Ces périodes sont aussi celles qui ont livré les sites avec le plus grand nombre de restes humains. Plusieurs utilisations des cavités identifiées dans la région sont mises en évidence : une seule sépulture individuelle (p. ex., Abittaga), une utilisation peu fréquente de la cavité pendant une longue période de temps (p. ex., Lumentxa, Atxuri-I et Santimamiñe) ou une utilisation très fréquente de la cavité (p. ex., Pico Ramos, Abauntz).

Les données paléobiologiques de recherche dans ces trois sites de Biscaye ont permis de mettre en évidence la présence d'un individu adulte probablement féminin dans le site d'Abittaga, ainsi que la présence de subadultes et adultes des deux sexes dans les sites d'Atxuri-I et de Lumentxa (NMI de 9 et 7 respectivement). Dans la collection d'El Mirador, 21 individus adultes, au minimum, sont représentés sur la base des os longs. Dans cette collection, l'évaluation du sexe à partir des fémurs a indiqué la présence des individus hommes et femmes, en montrant résultats similaires aux travaux précédents du site sur d'autres régions anatomiques. Dans d'autres sites de la région des POA, la présence d'individus de sexes et d'âges différents dépend de la chronologie (en ayant plus d'individus pendant le Chalcolithique et l'Âge du Bronze), bien qu'il ne soit pas possible d'évaluer la présence d'un biais dû à un petit nombre d'échantillons disponibles. L'estimation de la stature et de la masse corporelle des individus étudiés a une tendance similaire à celle des échantillons disponibles (mais limités) des mêmes chronologies de la péninsule ibérique.

L'étude des propriétés transversales des os du Atxuri-I et Lumentxa a été réalisée en utilisant la tomodynamométrie, et c'est la première étude de ce type réalisée sur des échantillons de la région des POA. Les résultats indiquent que, pour les variables de la

robustesse (pourcentage de la zone corticale; CA%) et de la solidité (module de section polaire; Z_p), l'individu néolithique de Lumentxa présente des valeurs intermédiaires entre les échantillons mésolithiques et Âge du Bronze de la péninsule ibérique, à la fois dans l'humérus et le fémur. En revanche, il présente des similitudes avec les échantillons néolithiques de France et d'Italie, ce qui pourrait indiquer des degrés d'activité comparables dans les échantillons des différentes régions (en tenant compte du petit nombre d'échantillons). L'individu d'Atxuri-I montre des similarités avec les femmes de la période de l'Âge du Bronze de la péninsule ibérique, à la fois dans la robustesse (CA%) et la solidité (Z_p), ce qui tend à suggérer des degrés de mobilités comparables. Enfin, l'étude des individus d'El Mirador montre des résultats différents en fonction du sexe: chez les hommes, la robustesse (la superficie totale; TA), la rigidité (deuxième moment polaire de la superficie; J) et la circularité de la diaphyse (indice de forme; I_{\max}/I_{\min}) des membres inférieurs sont plus élevées que chez femmes. Au contraire, les femmes présentent des valeurs plus élevées pour ces mêmes paramètres dans les membres supérieurs. De plus, l'étude préliminaire de l'asymétrie sur les données globales des humérus a montré que les femmes ont une asymétrie plus importante que les hommes, avec une prédominance du bras gauche.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Agradecimientos.....	I
Lista de figuras.....	III
Lista de tablas.....	XII
Resumen.....	XV
Labuperna.....	XVIII
Abstract.....	XX
Résumé.....	XXII
Índice de contenidos.....	XXV

Capítulo 1. Introducción general.....1

1.1-INTRODUCCIÓN GENERAL.....	3
1.1.1-Contexto geográfico y geológico	3
1.1.2-El Holoceno.....	6
1.2-OBJETIVO GENERAL.....	25
1.3-OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	26
1.3.1-Cronología del uso funerario en cuevas en la vertiente atlántica de los Pirineos Occidentales durante el Mesolítico y la Prehistoria Reciente.....	26
1.3.2-Estudio antropológico de los restos humanos de los yacimientos de Abittaga, Atxuri-I y Lumentxa (Bizkaia) y El Mirador (Sierra de Atapuerca, Burgos).....	26
1.3.3-El estudio de las propiedades geométricas de las secciones transversales de los huesos largos de yacimientos de la Prehistoria Reciente del norte de la península ibérica.....	27

Capítulo 2. Materiales.....31

2.1-MUESTRAS SELECCIONADAS PARA ESTE ESTUDIO.....	33
2.1.1-Abittaga.....	33
2.1.2-Atxuri-I.....	37
2.1.3-Lumentxa.....	39
2.1.4-El Mirador (Sierra de Atapuerca, Burgos).....	43
2.2-MUESTRAS COMPARATIVAS.....	49
2.2.1-Cronología del uso funerario en cuevas en la vertiente atlántica de los Pirineos Occidentales durante el Mesolítico y la Prehistoria Reciente.....	50
2.2.2-Estudio antropológico de los restos humanos de los yacimientos de Abittaga, Atxuri-I y Lumentxa (Bizkaia) y El Mirador (Sierra de Atapuerca, Burgos)	51

2.2.3-El estudio de las propiedades geométricas en secciones de los huesos largos de yacimientos de la Prehistoria Reciente del norte de la península ibérica.....	51
--	----

Capítulo 3. Cronología del uso funerario en cuevas en la vertiente atlántica de los Pirineos Occidentales durante el Mesolítico y la Prehistoria Reciente.....	59
3.1- INTRODUCCIÓN.....	61
3.1.1-El radiocarbono y su importancia en la arqueología y en la paleontología.....	61
3.1.2-Dataciones directas de restos humanos en Pirineos occidentales.....	67
3.2-OBJETIVOS.....	67
3.3-MATERIAL.....	68
3.4-METODOLOGÍA.....	68
3.4.1-Selección de las muestras.....	68
3.4.2-Calibración de las dataciones.....	70
3.5-RESULTS.....	71
3.5.1-Direct dates.....	71
3.5.2-Direct dates on human remains from the Atlantic Western Pyrenees.....	73
3.6-DISCUSSION.....	77
3.6.1-Dates in human remains in AWP.....	77
3.6.2-Chronological context in AWP.....	85
3.6.3-Chronological context in nearby regions.....	92
3.6.4-Additional parallels in the Iberian Peninsula.....	93
3.7-CONCLUSIONS.....	94

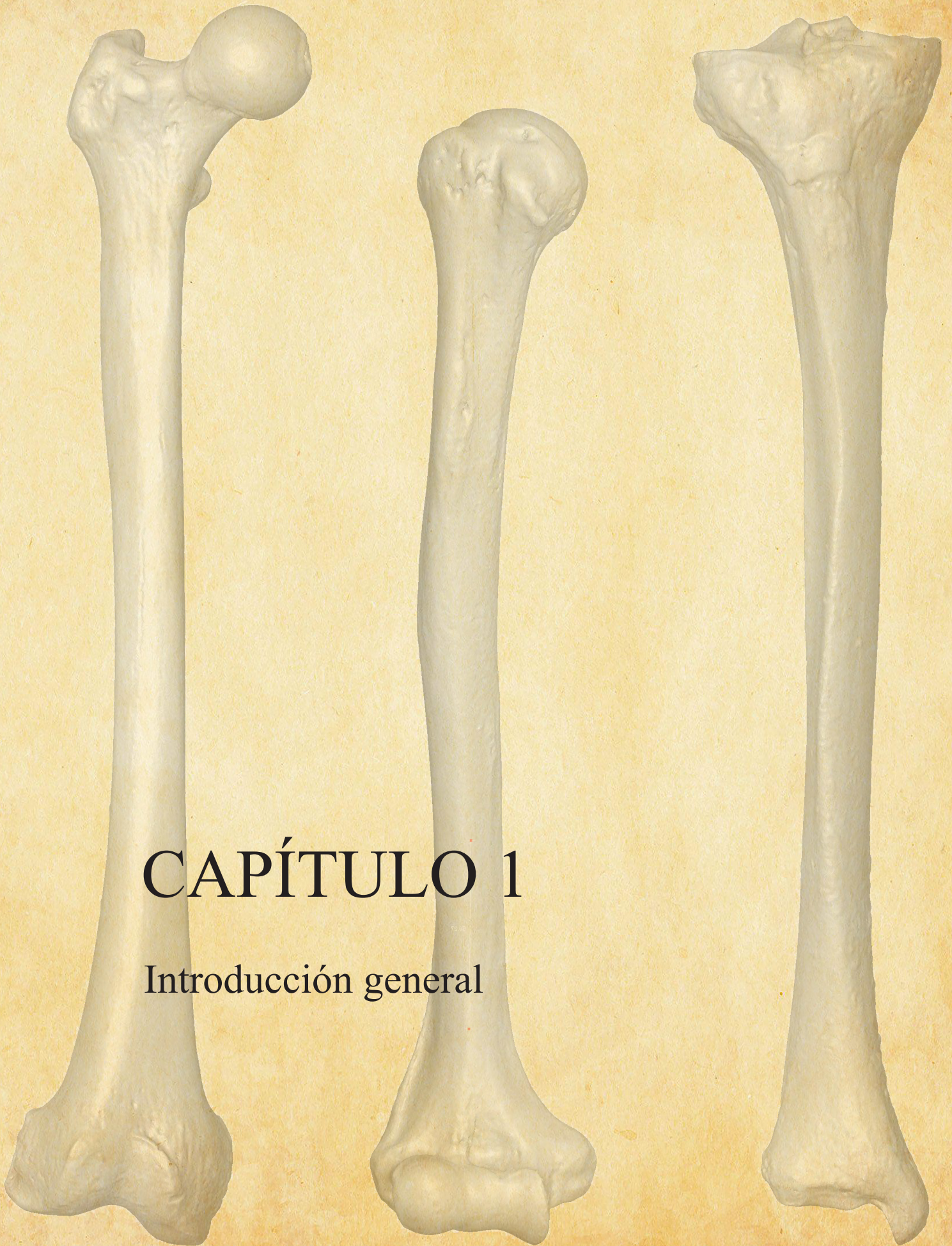
Capítulo 4. Estudio antropológico de los restos humanos de los yacimientos de Abittaga, Atxuri-I y Lumentxa (Bizkaia) y El Mirador (Sierra de Atapuerca, Burgos).....	97
4.1-BREVE SÍNTESIS DE LOS ESTUDIOS REALIZADO SOBRE POBLACIONES PREHISTÓRICAS EN EL PAÍS VASCO.....	99
4.2- OBJETIVOS.....	105
4.3- MATERIAL.....	107
4.4-METODOLOGÍA.....	108
4.4.1- Inventario, número de restos (NR), número mínimo de elementos (NME) y número mínimo de individuos (NMI).....	108
4.4.2-Edad de muerte.....	109

4.4.3-Sexo.....	114
4.4.4-Estatura.....	116
4.4.5-Masa corporal.....	119
4.4.6-Presencia de patologías.....	121
4.5-RESULTS.....	122
4.5.1-Abittaga.....	122
4.5.2-Atxuri-I.....	127
4.5.3-Lumentxa.....	135
4.5.4-El Mirador.....	159
4.6-DISCUSSION.....	164
4.6.1-Skeletal representation.....	164
4.6.2-Age-at-death and sex in PAO.....	167
4.6.3-El Mirador.....	171
4.6.4-Stature and body mass.....	173
4.7-CONCLUSIONS.....	183

Capítulo 5. El estudio de las propiedades geométricas en secciones de los huesos largos de yacimientos de la Prehistoria Reciente del norte de la península ibérica.....185

5.1-INTRODUCCIÓN.....	187
5.1.1-La biomecánica.....	187
5.1.2-Cargas mecánicas sobre el hueso.....	189
5.1.3-Uso de las propiedades geométricas de la sección transversal (PGST).....	190
5.1.4-Metodologías utilizadas para la obtención de PGST.....	193
5.1.5-Estudio de las propiedades geométricas de la sección transversal (PGST) en poblaciones recientes y antiguas.....	194
5.2-OBJETIVOS.....	202
5.3-MATERIAL.....	202
5.4-METODOLOGIA.....	203
5.4.1-Adquisición de los datos.....	203
5.4.2-Obtención de propiedades geométricas de las secciones transversales (PGST).....	205
5.4.3-Diferencias y similitudes entre ambas metodologías.....	207
5.4.4-Estandarización de las propiedades geométricas de la sección transversal (PGST).....	209
5.4.5-Estudio de la asimetría en las extremidades superiores.....	212

5.5-RESULTS.....	214
5.5.1-Lumentxa.....	214
5.5.2-Atxuri-I.....	218
5.5.3-El Mirador.....	221
5.5.4-Synthesis.....	255
5.6-DISCUSSION.....	257
5.6.1-Lumentxa.....	257
5.6.2-Atxuri-I.....	258
5.6.3-El Mirador.....	260
5.7-CONCLUSIONS.....	264
Capítulo 6. CONCLUSIONES/CONCLUSIONS.....	267
Referencias.....	279
Apéndices.....	305
Artículos.....	306



CAPÍTULO 1

Introducción general

INDICE

1.1-INTRODUCCIÓN GENERAL.....	3
1.1.1- Contexto geográfico y geológico	3
1.1.1.1-La vertiente atlántica de los Pirineos occidentales (PAO).....	3
1.1.1.2-La Sierra de Atapuerca.....	4
1.1.2-El Holoceno.....	6
1.1.2.1-El comienzo del Holoceno.....	6
1.1.2.2-Etapas climáticas del Holoceno.....	8
1.1.2.3-Las poblaciones prehistóricas durante el Holoceno.....	11
1.1.2.4-Cambios en la tendencia de la estatura y masa corporal durante la Prehistoria Reciente.....	20
1.1.2.5-Usos sepulcrales de los yacimientos a lo largo de la Prehistoria Reciente.....	21
1.2-OBJETIVO GENERAL.....	25
1.3-OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	26
1.3.1- Cronología del uso funerario en cuevas en la vertiente atlántica de los Pirineos Occidentales durante el Mesolítico y la Prehistoria Reciente.....	26
1.3.2- Estudio antropológico de los restos humanos de los yacimientos de Abittaga, Atxuri-I y Lumentxa (Bizkaia) y El Mirador (Sierra de Atapuerca, Burgos).....	26
1.3.3- El estudio de las propiedades geométricas de las secciones transversales de los huesos largos de yacimientos de la Prehistoria Reciente del norte de la península ibérica.....	27

1.1. INTRODUCCIÓN GENERAL

La presente tesis doctoral se encuentra dividida en 6 capítulos principales, junto a un capítulo de referencias bibliográficas y un apartado de apéndices.

- 1- Introducción
- 2- Materiales
- 3- Cronología del uso funerario en cuevas en la vertiente atlántica de los Pirineos Occidentales durante la Prehistoria Reciente
- 4- Estudio antropológico de los restos humanos de los yacimientos de Abittaa, Atxuri-I y Lumentxa (Bizkaia) y El Mirador (Sierra de Atapuerca, Burgos)
- 5- El estudio de las propiedades geométricas en secciones de los huesos largos de yacimientos de la Prehistoria Reciente del norte de la península ibérica
- 6- Conclusiones

En el presente capítulo se van a contextualizar de manera somera las dos áreas geográficas en las que se han realizado estudios durante la presente tesis. A continuación, se procederá a explicar la evolución de esas regiones (en especial los Pirineos Atlánticos Occidentales; PAO) durante el Holoceno.

1.1.1 Contexto geográfico y geológico

En la presente tesis doctoral se han estudiado restos humanos de dos áreas geográficas: la vertiente atlántica de los Pirineos occidentales (PAO) y la Sierra de Atapuerca (Burgos; Figura 1.1). En el caso de los PAO se han estudiado restos humanos de tres yacimientos de la provincia de Bizkaia y, se ha realizado una recopilación bibliográfica de las dataciones directas sobre hueso humano disponibles en la región. En el caso de la Sierra de Atapuerca, se han estudiado los huesos largos del sector 200 del yacimiento de El Mirador, de edad calcolítica (ver sección 2.1.4).

1.1.1.1 La vertiente atlántica de los Pirineos occidentales (PAO)

A nivel geográfico, los Pirineos Occidentales han funcionado como un pasillo biológico y cultural entre la península ibérica y el resto de Europa, lo cual los convierten en un entorno privilegiado para estudiar (Arrizabalaga y Rios-Garaizar, 2012; Garate et al., 2014; Gómez-Olivencia et al., 2014).

Por otro lado, esta área se caracteriza por presentar una gran diversidad de paisajes

en una zona relativamente pequeña (Garate et al., 2014), ya que se incluyen áreas costeras y montañosas, y las áreas periféricas de la meseta ibérica.



Figura 1.1. 1) Localización general de los yacimientos estudiados en el norte de la península ibérica. a) Localización de la vertiente atlántica de los Pirineos Occidentales (PAO), que se verá de forma más detallada en el Capítulo 2 y en la Figura 2.1; 2) Localización del yacimiento de El Mirador con respecto a la ciudad de Burgos.

A nivel geológico, gran parte de esta región se sitúa dentro de la cuenca Vasco-Cantábrica, que a su vez puede subdividirse en tres bloques: Arco Vasco, Surco Navarro-Cántabro y Plataforma Norcastellana (Bodego Aldasoro y López-Holgue, 2018). Este estudio se va a enfocar principalmente en el Arco Vasco, donde se encuentran los Pirineos Atlánticos Occidentales (PAO) (Ábalos, 2016; Ábalos et al., 2008).

El Arco Vasco se caracteriza por presentar rocas sedimentarias que son mayoritariamente de edad mesozoica (especialmente cretácicas), y de edad cenozoica (Figura 1.2; Barnolas y Pujalte, 2004; Bodego Aldasoro y López-Holgue, 2018). Aun así, su registro sedimentario es más amplio que ese periodo, con una adscripción desde el Pérmico Superior hasta el Mioceno (Robles et al., 2014).

La presencia de gran cantidad de rocas calizas (Aranburu et al., 2014; Bodego Aldasoro y López-Holgue, 2018; Bodego Aldasoro et al., 2018) ha permitido la formación de abundantes cuevas, que se han utilizado como refugio tanto por grupos humanos como animales a lo largo del periodo del Cuaternario (Gómez-Olivencia et al., 2018a y sus referencias).

1.1.1.2 La Sierra de Atapuerca

La Sierra de Atapuerca se sitúa en la entrada del corredor de la Bureba, que conecta las cuencas de los ríos Duero y Ebro (Díez Fernández-Lomana et al., 2014). Al noroeste se encuentra la Cordillera Cantábrica, mientras que al sudeste se localiza la

Sierra de la Demanda. Está situada a unos 15 km al este de Burgos, y tiene un área de aproximadamente 25 km² y una altitud máxima de 1082 m.s.n.m (Vergès et al., 2008).

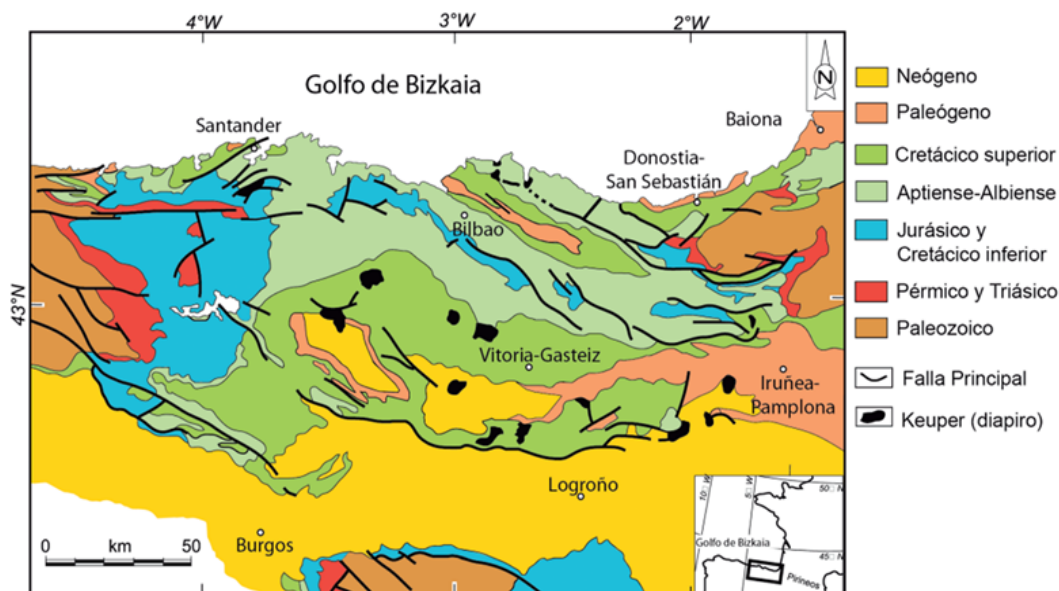


Figura 1.2. Mapa geológico de los Pirineos Occidentales, donde se muestran los diferentes registros sedimentológicos. Dentro de esta zona se encuentra la Cuenca Vasco-Cantábrica, y en concreto el bloque del Arco Vasco (Bodega Aldasoro y López-Horgue, 2018).

Su geomorfología ha estado condicionada por la presencia de los ríos Arlanzón, y sus afluentes Pico y Vena. Todo ello ha permitido que haya servido como punto de paso y que presente una gran biodiversidad (Cervera et al., 1998).

La Sierra está formada por calizas, calcarenitas y dolomías del Cretácico Superior, aflorando capas del Cretácico Inferior en un área al norte de la región (Benito-Calvo et al., 2018 y sus referencias; Ortega et al., 2013, 2014, 2018). Esta región es un anticlinal tumbado con una dirección Noroeste-Sureste, con vergencia hacia el Noreste.

Tanto en la Sierra de Atapuerca como en sus inmediaciones se han encontrado diversos yacimientos arqueo-paleontológicos, entre los que destacan los sectores de la Trinchera del Ferrocarril, Cueva Mayor y El Mirador (Ortega Martínez y Martín Merino, 2017). En el sector de la Trinchera del Ferrocarril se encuentran los yacimientos de Sima del Elefante, Complejo Galería y Gran Dolina. En el caso de Cueva Mayor, se encuentran la Galería del Sílex, el Portalón de Cueva Mayor, la Galería de las Estatuas y la Sima de los Huesos. Por último, se encuentra el yacimiento de El Mirador (ver sección 2.1.4), y además recientemente se ha descubierto un nuevo yacimiento: Cueva Fantasma.

1.1.2 El Holoceno

El Holoceno es un periodo interglaciar que presenta varias oscilaciones climáticas y que destaca por haber englobado diversos cambios climáticos, con momentos más cálidos y más fríos. Ejemplo de ello son el episodio frío acontecido en Europa en el 8.200 B.P. o el episodio cálido del Óptimo Climático Holoceno (7.000-6.500 B.P., en la península ibérica). Estos episodios han traído consigo modificaciones graduales a nivel geográfico (retroceso o subida del nivel del mar), faunístico y florístico (aparición, extinción o predominancia de diversas especies o taxones). Además, durante el Holoceno ocurrieron importantes cambios culturales en las poblaciones prehistóricas.

1.1.2.1 El comienzo del Holoceno

El Holoceno es la época del periodo del Cuaternario que empezó hace 11.700 años antes del presente (B.P.) (Rasmussen et al., 2014; Silva et al., 2017). Esta etapa está condicionada por el final del evento de enfriamiento *Dryas Reciente*, que terminó de manera brusca en unas pocas decenas de años, ya que en pocas décadas la temperatura subió hasta en 10°C (Fano Martínez, 2004; Uriarte, 2009).

El *Dryas Reciente* fue una fase breve (1.200 años aproximadamente, entre 12.900 y 11.700 B.P.; García-Ruiz et al., 2016), de clima frío al final del Pleistoceno, que supuso, entre otros aspectos, una modificación del sustrato vegetal. El cambio climático trajo consigo una disminución del sustrato arbóreo (Straus, 1991; Uriarte, 2009; Barandiarán, 2015), con ausencia de vegetación arbórea en zonas de montaña (González Díez et al., 1996; Fano Martínez, 2004) y la presencia de pinos (género *Pinus*), robles (*Quercus*) y abedules (*Betula*) únicamente en fondos de valle y lugares protegidos.

Después del *Dryas Reciente* se produjo una retirada gradual de los hielos y una mejoría de las condiciones climáticas en toda Europa (Hoyos, 1995; Straus, 2018; Figura 1.3). Este hecho supuso el ascenso del nivel del mar, provocando cambios en la configuración de la costa (García Codrón, 2004). Estos sucesos, junto a los cambios en la flora y en la fauna, culminaron en las condiciones climáticas actuales. A pesar de la mejoría general de estas condiciones, el clima sufrió fluctuaciones a lo largo del Holoceno, como por ejemplo el episodio frío que tuvo lugar en Europa en torno al 8.200 B.P. (Uriarte, 2009; Borzenkova et al., 2015; Straus, 2018).

Los cambios observados en el nivel del mar merecen especial atención (Figura 1.4). Los casquetes polares aumentaron su extensión por el enfriamiento del clima durante el *Dryas Reciente*: lo que provocó que el nivel del mar se situase a -120 m con respecto al

nivel actual, en condiciones climáticas similares a las del Último Máximo Glacial (Silva et al., 2017; Lastres Gómez, 2020).

El final del *Dryas Reciente* supuso un cambio de tendencia, provocando de nuevo una subida del nivel del mar, encontrándose al comienzo del Holoceno a -60 m con respecto al nivel actual (Straus, 1991).



Figura 1.3. Cambios de temperatura sucedidos durante los últimos 15.000 B.P., registrado en el hielo de Groenlandia (modificado de <https://www.pressdispensary.co.uk/q991593/images/20k.jpg>).

El ascenso del nivel del mar ha provocado que diversos yacimientos de esta época que se encontraban cerca de la línea de costa hoy en día se encuentren sumergidos (Fano Martínez, 2004; Fano et al., 2013).

Desde el comienzo del Holoceno hasta el Óptimo Climático aproximadamente (7.000-6.500 B.P., en la península ibérica), la velocidad de subida del nivel del mar fue relativamente rápido, sin llegar a alcanzar en la región de estudio valores del nivel del mar superiores a los actuales (Leorri et al., 2012, 2013; García-Artola et al., 2011, 2018; Cearreta et al., 2019). En ese momento se formaron los estuarios y las rías actuales en la Cuenca Vasco-Cantábrica. A partir de ese momento, la velocidad de subida fue ralentizándose hasta estabilizarse (García Codrón, 2004; Aranburu et al., 2014; Silva et al., 2017).

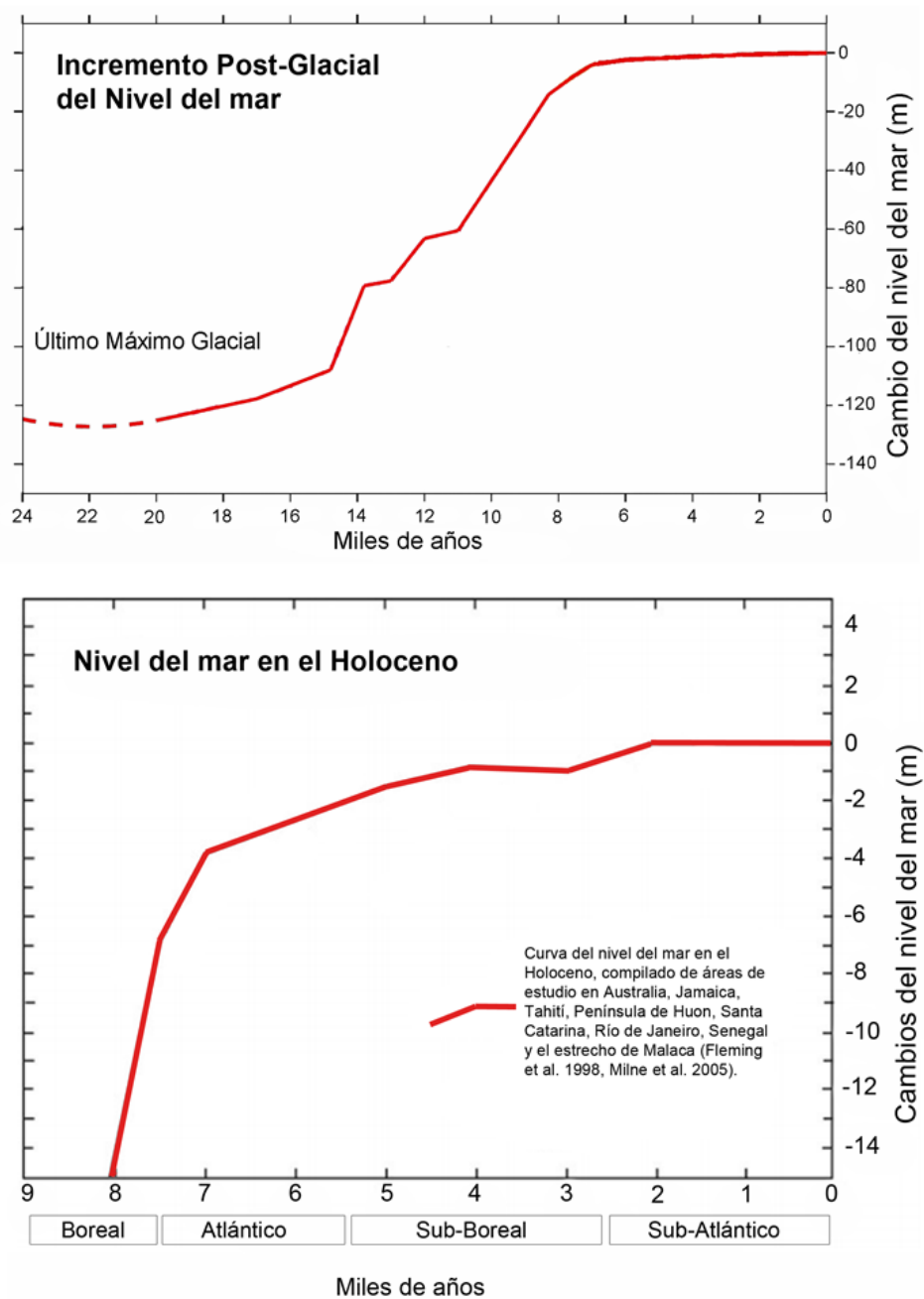


Figura 1.4. De arriba a abajo: Curva del nivel del mar desde hace 24.000 B.P., coincidiendo aproximadamente con el inicio del Último Máximo Glacial; curva del nivel del mar desde hace 8.000 B.P., indicando las diferentes etapas climáticas del Holoceno. Estas gráficas están realizadas mediante una compilación de diferentes áreas de estudio, indicadas en las gráficas (modificado de Moore et al., 2013; Buchner et al., 2015).

1.1.2.2 Etapas climáticas del Holoceno

En el caso del Holoceno europeo, las fases climáticas se clasifican en función

de los registros polínicos y sedimentológicos, que indican la alternancia de periodos relativamente húmedos y de aquellos más fríos y áridos (Jordá Pardo, 1995; Silva et al., 2017 y sus referencias). El Holoceno, en base al sistema Blytt-Sernander, se divide en los periodos Preboreal, Boreal, Atlántico, Suboreal y Subatlántico (Barandiarán, 1982; Uriarte, 2009). En ocasiones, hay divergencias en el establecimiento de los rangos cronológicos para cada periodo, por lo que estos serán expuestos de forma genérica.

A modo general, el Holoceno suele dividirse también de la siguiente manera: Holoceno Inferior, Holoceno Medio y Holoceno Superior. El primer periodo está compuesto por las etapas Preboreal y Boreal, terminando con el evento de enfriamiento sucedido en 8.200 B.P. El Holoceno Medio engloba los episodios Atlántico y Suboreal y el Holoceno Superior únicamente el Subatlántico (Jordá Pardo, 1995 y sus referencias).

El periodo Preboreal transcurrió entre los 11.700 y 10.000 B.P. Esta etapa se caracteriza por un incremento de las temperaturas y de las precipitaciones, similares a las actuales (Berganza, 2005), que provocó la expansión de pinos y abedules en zonas montañosas (donde antes estaban ausentes) y la aparición de bosques mixtos caducifolios con predominio de los géneros termófilos *Quercus* y *Corylus* (González Díez et al., 1996; Iriarte et al., 2008; Iriarte-Chiapusso y Hernández Beloqui, 2009). A su vez, ya no se encuentran especies adaptadas a climas fríos, como por ejemplo el reno (Gómez-Olivencia et al., 2014). En esta etapa se han recuperado restos de fauna como *Cervus elaphus* (ciervo), *Capra pyrenaica* (cabra montés) o *Bos primigenius* (uro) (Altuna y Mariezkurrena, 2016). Durante este periodo, el nivel del mar subió rápidamente ($8,8 \pm 1,9$ mm/año; García-Artola et al., 2018), pasando a estar a -40 m aproximadamente en el 11.200 B.P. (Edeso-Fito y Mujika-Alustiza, 2017).

El periodo Boreal transcurrió aproximadamente entre el 10.100 y 8.800 B.P. Durante este intervalo cronológico todavía habitaban en la península ibérica diversos grupos de cazadores-recolectores. En este momento del Holoceno, el clima pasó de ser húmedo a ser más seco y cálido (González Díez et al., 1996). De esta forma, en los bosques mixtos caducifolios hubo un cambio del predominio entre los géneros *Corylus* y *Quercus* en función de la zona, apareciendo junto a otros géneros como *Pinus*, *Alnus* o *Fagus* (García Codrón, 2004; Iriarte et al., 2008; Iriarte-Chiapusso y Hernández Beloqui, 2009). En las etapas Preboreal y Boreal, se dio un incremento de la presencia de *Sus scrofa* (jabalí) y *Capreolus capreolus* (corzo), que estaban asociadas con una mejora climática (Fano Martínez, 2004; Altuna y Mariezkurrena, 2016). Durante esta etapa y la siguiente, el nivel del mar siguió en ascenso, pero a un ritmo menor, pasando de $8,4 \pm 1,5$ mm/año a $6,8 \pm 1,2$ mm/año; García-Artola et al., 2018; Cearreta et al., 2019).

La tercera etapa es el periodo Atlántico, con un rango cronológico entre el 8.800

y el 5.800 B.P. En este momento se alcanzó el máximo de temperatura, haciendo que las condiciones climáticas fuesen más cálidas y húmedas, coincidiendo con el Óptimo Climático Holoceno (Silva et al., 2017; Straus, 2018). Con el comienzo de la agricultura, los bosques retrocedieron (Iriarte-Chiapusso y Arrizabalaga Valbuena, 2003; Iriarte et al., 2006). Sin embargo, estos bosques menguantes estaban compuestos por taxones como *Quercus*, *Tilia* o *Ulmus*, especialmente durante el Óptimo Climático Holoceno. En este momento comenzó la domesticación de especies, como el cerdo (*Sus domesticus*), la vaca (*Bos taurus*), la cabra (*Capra hircus*) o el caballo (*Equus caballus*) entre otros (Altuna y Mariezkurrena, 2016). En este periodo la subida del nivel del mar siguió ralentizándose, pasando la velocidad de $3,7 \pm 0,9$ mm/año a $0,3 \pm 0,8$ mm/año (Leorri et al., 2012; García-Artola et al., 2018, 2019; Cearreta et al., 2019).

La etapa Suboreal transcurrió entre el 5.800 y 2.500 B.P. En este momento las condiciones climáticas empeoraron con respecto a la etapa anterior, de forma que el clima fue más frío, árido y seco (San José, 2016; Silva et al., 2017), considerándose parte del proceso de Neoglaciación, que englobó también a la siguiente etapa y que llevó al establecimiento de los paisajes actuales. Los paisajes en esta etapa siguieron estando condicionados por la influencia de la actividad humana (ganadería y agricultura), que aumentó el retroceso de los bosques (Barandiarán, 2015). La velocidad de subida del nivel del mar empezó a estabilizarse ($0,4 \pm 0,6$ mm/año; García-Artola et al., 2018).

La última etapa es la Subatlántica, que tuvo lugar desde el 2.800 B.P. hasta la actualidad. Las condiciones climáticas fueron más húmedas y cálidas que en la etapa anterior, con condiciones climáticas y nivel del mar idénticas a las de la actualidad, aunque con fluctuaciones: el Óptimo Climático Medieval (700-1.300 A.D.; *Año Domini*) o el pequeño periodo de enfriamiento ocurrido en la Pequeña Edad de Hielo (siglo XVII-XVIII A.D.; Silva et al., 2017). La velocidad de subida del nivel del mar se estabilizó completamente, aunque recientemente ha comenzado a incrementarse de nuevo (desde $0,3 \pm 0,5$ mm/año hasta $0,7 \pm 1,6$ mm/año; García-Artola et al., 2018; Cearreta et al., 2019). En este momento se dio una intensificación de actividad humana (Iriarte-Chiapusso y Arrizabalaga Valbuena, 2003; Hernández-Beloqui et al., 2015), hasta llegar a la gran aceleración de mediados del siglo XX, donde la actividad humana alcanza una magnitud de tal envergadura que ha supuesto la proposición de un nuevo periodo/época: el antropoceno (Dean et al., 2014; Cearreta, 2015; Zalasiewicz et al., 2015, 2019; Waters et al., 2016, entre otros).

1.1.2.3 Las poblaciones prehistóricas durante el Holoceno

A lo largo del Holoceno se han ido sucediendo una serie de culturas prehistóricas (Tabla 1.1).

Aziliense (11.500-9.500 B.P.)

El Aziliense se puede considerar como la única manifestación del Epipaleolítico en el norte de la península ibérica. El Aziliense tardío transcurre dentro del Holoceno (Fano et al., 2013).

Los yacimientos azilienses se extienden a lo largo del Pirineo, suroeste de Francia y la región cantábrica (Barandiarán, 2015; Mujika, 2017). Algunos ejemplos de yacimientos con niveles de esta cronología son Arenaza, Santimamiñe y Santa Catalina en Bizkaia o Urtiaga, Ekain y Anton Koba en Gipuzkoa (Herrasti y Etxeberria, 2011; Berganza et al., 2012; Barandiarán, 2015). En regiones aledañas se encuentra por ejemplo la cueva de Los Azules (Asturias), el cual es el único yacimiento situado en la costa cantábrica con uso sepulcral datado en el Aziliense (Arias et al., 2009, Arias Cabal, 2012a, 2012b). Recientemente, se ha recuperado un individuo masculino (apodado el hombre de Loizu) con una cronología de 11.700 B.P., siendo el más antiguo hallado en Navarra (https://historia.nationalgeographic.com.es/a/hombre-loizu-restos-humanos-mas-antiguos-descubiertos-navarra_16517).

La estrategia de subsistencia de las poblaciones azilienses estaba basada en la caza y en la recolección (Fernández-Treguerres Velasco, 2004; Straus, 2018). A finales del Pleistoceno, el cambio de las condiciones climáticas con temperaturas más altas supuso la desaparición de especies adaptadas al frío como el reno o el bisonte y una mayor presencia de taxones euritérmicos o termófilos como el ciervo, el jabalí o el corzo, también importantes durante el Mesolítico (Altuna, 1986; Altuna y Mariezkurrena, 2016). Una posible excepción es la pervivencia del reno en el yacimiento de Santa Catalina (Lekeitio), donde la última datación presenta una cronología de 9.760 ± 65 B.P. (9.366-8.861 cal B.C.; Berganza y Ruiz, 2004; Berganza et al., 2012; pero esta evidencia ha sido puesta en duda por Costamagno et al., 2016). En este periodo ya había tenido lugar la domesticación del perro (Altuna y Mariezkurrena, 2017): en la cueva de Erralla (Gipuzkoa) se ha encontrado uno de los primeros casos de domesticación de este animal en la región, datado en torno a los 16.000 B.P. (Magdalenense Inferior; Altuna, 1985; Altuna y Mariezkurrena, 1985, 2016).

Tabla 1.1. Tabla resumen de las características principales de los distintos periodos de la Prehistoria e inicios de la Protohistoria durante el Holoceno en los Pirineos Atlánticos Occidentales (PAO).

Campos de estudio	Aziliense	Mesolítico	Neolítico	Calcolítico	Edad de Bronce	Edad de Hierro
Cronología	11.500-9.500 B.P.	9.500/6.900 B.P.	finales VI-inicio V milenio cal B.C.	3000-2200 cal B.C.	2.200-750 cal B.C.	siglo VIII- II-I cal B.C.
Fauna	Desaparición de especies adaptadas al frío (reno, bisonte) y aparición de especies termófilas (ciervo, jabalí, corzo)	Caza de ungulados y explotación de recursos marinos: moluscos (lapas, ostras o almejas) y peces	Caza de algunos ungulados (ciervo, corzo, jabalí) y explotación de la oveja y la cabra domésticas. Destaca la presencia del perro en Marizulo y la domesticación del cerdo	Predominancia de los taxones domésticos (predominan ovicaprinos y bovinos). Aparición del caballo en Los Husos o Aldeacueva	Continuación de la predominancia de ovicaprinos y bovinos	Proporción mayor de taxones domésticos (cerdo, vaca, oveja, cabra, caballo)
Agricultura	Caza-recolección	Obtención de frutas y frutos silvestres (avellanas, raíces), setas o tubérculos	Aparición de la cebada (género <i>Hordeum</i>) y trigo revestido (género <i>Triticum</i>)	Continuación del Neolítico	Continuación del Neolítico y Calcolítico	Presencia de restos de trigo, cebada y leguminosas: práctica de la rotación de cultivos.
Cerámica			Aparición por primera vez de la cerámica. Predomina una cerámica lisa, de formas simples y de decoración escasa	Inicio de la cultura campaniforme: se encuentran el estilo Ciempozuelos y el estilo marítimo	Predominancia de las cerámicas locales decoradas con digitaciones y cordones	Inicio del uso en la segunda edad de hierro del torno rápido y la cocción de tipo oxidante: supuso el refinamiento y la mejora de calidad de las pastas y un aumento de producción

Evento	Aziliense	Mesolítico	Neolítico	Calcolítico	Edad de Bronce	Edad de Hierro
Industria lítica	Continuación de la técnica del Magdalenense (puntas azilienses, raspadores, microlitos, buriles)	Simplificación de la industria lítica: uso de microlitos geométricos sobre láminas finas, láminas retocadas con muescas o denticulaciones	Industria lítica poco representativa y muy variable (semilunas, trapecios y triángulos con retoque simple) La materia prima preferida era el sílex	Industria lítica compuesta por puntas de flecha foliáceas, punzones, raspadores y elementos pulimentados	Continuación del Calcolítico	
Industria ósea	Poca variedad en el utillaje; destaca el arpón aziliense	Simplificación de la técnica: destaca la presencia de anzuelos	Mayor uso de materia prima de los restos óseos de la fauna doméstica (punzones, alisadores u objetos de adorno)			
Metalurgia				Inicio de la metalurgia: uso del cobre	Generalización de la metalurgia: realizaciones de aleaciones de cobre y estaño para obtener el bronce	Adopción del hierro en vez del cobre o el bronce como materia prima: domina a la materia prima de la industria lítica u ósea

El Aziliense se caracteriza por una industria lítica laminar con tendencia al microlitismo, que muestra una continuidad con la técnica de finales del Magdalenense (Barandiarán, 2015). Destacan las puntas azilienses, así como los raspadores, microlitos y buriles. A su vez, la industria ósea se caracteriza por una reducción en la variedad de utillaje, siendo característica la presencia del arpón aziliense fabricado en asta (Figura 1.5; Straus, 2018). Por último, en este momento se dio un cambio simbólico debido a la desaparición de la actividad gráfica naturalista propia del Magdalenense y casi todas las representaciones en las paredes de las cuevas (Fernández-Treguerres Velasco, 2004; Barandiarán, 2015).



Figura 1.5. Arpón en asta del aziliense del yacimiento de Arenaza I (Galdames, Bizkaia) (modificado de https://www.bizkaia.eus/kultura/museos/arqueologia/galeria_fotos_detalle.asp?id=13&paginaActual=1&Tem_Codigo=&Idioma=CA).

Mesolítico (9.500/6.900 B.P.)

El comienzo de este periodo tuvo lugar en el 9.500 B.P (Fano, 2004). Los grupos de cazadores-recolectores mesolíticos eran de pequeño tamaño, juntándose distintos grupos de manera ocasional. Su grado de movilidad era menor que la de los grupos de periodos anteriores, debido a una intensificación de ocupaciones en yacimientos cerca de la costa, pudiendo existir una regionalización de estas poblaciones (Fano, 1996; Arias, 2005).

En este periodo los grupos mesolíticos también dependían de la caza y la recolección de alimentos (Fano et al., 2013). Por ello su dieta incluía unguados, frutas y frutos silvestres (p. ej., avellanas, raíces), al igual que setas o tubérculos (Fano Martínez, 2004; Barandiarán, 2015). La explotación de recursos marinos, incluyendo moluscos (lapas, ostras o almejas) y peces, alcanzó niveles mayores que en momentos anteriores (p. ej., Santimamiñe, Lumentxa o J3; Fano, 2005; Iriarte et al., 2005a, 2010; Arias Cabal, 2012a;

López Quintana et al., 2015). La explotación de moluscos dio lugar a la formación de niveles de concheros en los yacimientos, debido a las grandes acumulaciones de conchas de estos animales, típicas de este periodo en zonas cercanas a la costa (Fano et al., 2013).

La industria lítica se fue simplificando a lo largo del Mesolítico. Esta cultura se caracterizaba por el uso de microlitos geométricos sobre láminas retocadas con muescas o denticulados (Fano Martínez, 2004; Barandiarán, 2015; Straus, 2018). La cultura Asturiense incluye una industria lítica escasa dominada por picos de cuarcita, raspadores o denticulados (Figura 1.6; Straus, 2018). La industria ósea también sufrió una simplificación, destacando la presencia de anzuelos (Fano Martínez, 2004; Fano, 2005). En cuanto al arte, en este momento desaparecieron casi en su totalidad las manifestaciones artísticas (Strauss, 1992).



Figura 1.6. Pico asturiense del yacimiento de El Cierro (Ribadesella, Asturias) (modificado de Arias Cabal et al., 2018).

Neolítico (finales VI-inicio V milenio cal B.C.)

El Neolítico supuso un cambio en la estrategia de subsistencia que pasó a depender de la agricultura y la ganadería, aunque complementándolo con la caza y la recolección. Sin embargo, el Neolítico no se restringe únicamente a una modificación de la base de subsistencia, sino que supone importantes transformaciones en los patrones de asentamiento, tecnología, comportamiento simbólico y funerario (Cubas et al. 2016).

El proceso de neolitización de la región cantábrica empezó con una cronología y

dinámica diferentes en comparación con el resto de la península. El descubrimiento de cebada (género *Hordeum*) y trigo revestido (género *Triticum*) en yacimientos como El Mirón (Cantabria), Lumentxa, Kobaederra y Pico Ramos (Bizkaia) y polen de cereal en Herriko Barra (Gipuzkoa) sitúa el inicio de la agricultura a inicios del V. milenio cal B.C. (Zapata Peña, 2002; Peña-Chocarro et al., 2005; Zapata Peña et al., 2005). Por comparar, en la Meseta se dio en la segunda mitad del VI. milenio cal B.C. y por tanto, en el norte peninsular, las cronologías son más similares a lo observado en la Europa atlántica (finales VI.-inicio V. milenio cal B.C.).

La neolitización no supuso el fin de los grupos mesolíticos, sino que los grupos neolíticos y los grupos cazadores-recolectores coincidieron en la cornisa cantábrica durante la primera mitad del V. milenio (Fano et al., 2015; Cubas et al., 2016; Straus, 2018). Una vez asentada la neolitización, en torno a finales del V. milenio e inicios del IV. milenio, tuvo lugar el inicio de las estructuras megalíticas en el ámbito funerario (Fano et al., 2015). En este periodo, además de la caza de algunos ungulados, como el ciervo, el corzo, o el jabalí, se inició la explotación de la oveja y la cabra domésticas, que pasan a ser los restos faunísticos dominantes en los yacimientos arqueológicos (Altuna, 1986).

Sin embargo, en el yacimiento al aire libre Herriko Barra (Gipuzkoa) el mayor porcentaje de restos de fauna recuperados corresponde a taxones salvajes (Iriarte et al., 2005b). Por otro lado, cabe señalar la presencia de restos de perro en el yacimiento de Marizulo (Altuna, 1986), con una cronología de 5.390 ± 34 B.P. (Bergström et al., 2020). En este periodo también se dio la domesticación del cerdo, que condujo a una reducción de su tamaño: se han encontrado restos de este taxón en yacimientos como Arenaza, Los Husos o Los Cascajos entre otros (Altuna y Mariezkurrena, 2017). Yacimientos como Santimamiñe, Kobeaga II o Lumentxa muestran la explotación de recursos marinos (Fano et al., 2013). Con respecto a la paleobotánica, se han recuperado mayoritariamente restos carbonizados de roble, de forma que indicaban una preferencia en el uso de materia prima para las hogueras (González Morales, 2012 y sus referencias). De este periodo eran los restos más antiguos de cereales de trigo (género *Triticum*) y cebada (género *Hordeum*) en la región, como resultado de la agricultura (Peña-Chocarro et al., 2005; Cubas et al., 2016).

La industria lítica era poco representativa y muy variable desde un punto de vista tecnológico y tipológico, destacando la presencia de segmentos de círculos, trapecios y triángulos con retoque a doble bisel como único rasgo común (Cubas et al., 2016 y sus referencias). La materia prima preferida de estas poblaciones fue el sílex. En el caso de la industria ósea, se hizo un mayor uso de materia prima proveniente de los restos óseos de la fauna doméstica.

Durante el Neolítico aparece por primera vez la cerámica, cuyos restos suelen presentarse en un estado bastante fragmentado, lo cual puede dificultar su estudio más detallado (Cava, 1990; Cubas et al., 2016). Se ha observado un predominio de una cerámica lisa, de formas simples y de decoración escasa, si bien aquellas decoradas lo son por medio de la impresión (Cubas, 2013).

Calcolítico (3000-2200 cal B.C.)

En el Calcolítico continua la pervivencia de las estructuras megalíticas (Fano et al., 2015).

Los taxones domésticos continuaron predominando frente a los taxones salvajes (Altuna, 1986). Destacaron la presencia de ovicaprinos, si bien los bovinos fueron en aumento en este periodo (Mariezkurrena, 1990). A su vez, hace aparición por primera vez el caballo en yacimientos como Los Husos o Aldeacueva (Altuna, 1986), resultando complicado determinar su domesticación o no, si bien pudo haber sido domesticado en este periodo (Altuna y Mariezkurrena, 2016, 2017).

El Calcolítico, culturalmente, se caracteriza por el inicio de la metalurgia, siendo el cobre el metal más importante (de ahí el nombre que recibe el periodo Calcolítico). Al principio se comenzó con la explotación del cobre y del oro, que usaron como base de objetos de adorno con la técnica del martilleo, tal y como ha podido observarse en Trikuaitzi I o Praalata (Armendariz Gutierrez, 1997; Mujika, 2017).

En relación con la cerámica, destaca por la aparición de los vasos cerámicos con decoración campaniforme (Calcolítico Final), que perduró hasta la Edad de Bronce, y que aparece con dos variantes (Armendariz Gutierrez, 1997). En la vertiente mediterránea se encontraba la variedad incisa, de estilo Ciempozuelos, basado en formas diversas y decoraciones incisas y estampadas (p. ej., La Hoya, La Chabola de la Hechicera, Los Llanos o La Renke; Barandiarán, 2015). En cambio, en la vertiente cantábrica dominaba el estilo marítimo, compuesto por cerámicas cordadas y mixtos (p. ej., Amalda II, Larrarte o Trikuaitzi; Figura 1.7) (Armendariz Gutierrez, 1997; del Rincón, 2015).

La industria lítica, estaba compuesta por puntas de flecha foliáceas de retoque plano, raspadores y elementos pulimentados como hachas y alisadores, mientras que los microlitos geométricos fueron disminuyendo su presencia hasta desaparecer en la Edad de Bronce (Ortiz Tudanca, 1990).



Figura 1.7. Ejemplo de vaso campaniforme de estilo marítimo, recuperado en el dolmen de Pagobakoitza (Sierra de Aizkorri, Gipuzkoa) (modificado de Camarero Arribas y Arévalo Muñoz, 2018).

Edad de Bronce (2.200-750 cal B.C.)

La Edad de Bronce, al igual que el periodo anterior, transcurrió durante la etapa climática Suboreal (Barandiarán, 2015). Durante este periodo continuaron en uso las estructuras megalíticas, aunque en menor medida (Mujika, 2017).

En relación a la fauna doméstica, los ovicaprinos y bovinos fueron los mayoritarios en los yacimientos en la región (Altuna, 1986; Mariezkurrena, 1990).

La metalurgia se generalizó durante la Edad de Bronce (Ortiz Tudanca, 1990), y se comenzó a realizar aleaciones de cobre y estaño para poder obtener el bronce (p. ej., punzones biapuntados del dolmen de Etxegarate y Mandubi Zelaia o un anillo de Anton Koba) (Armendariz Gutiérrez, 1997; Mujika, 2017). En cuanto a la cerámica, después de la cultura campaniforme, predominan las cerámicas locales decoradas con digitaciones y cordones (García Heras y Olaetxea, 1992).

Edad de Hierro (siglo VIII- II-I cal B.C.)

La Edad de Hierro, parte de la cual puede considerarse como Protohistoria, se desarrolló durante la etapa climática Subatlántica y se caracteriza por la aparición de poblados localizados en lugares estratégicos, especialmente en la vertiente mediterránea (San Jose, 2016). El patrón de asentamiento se caracteriza por priorizar las zonas de fácil defensividad y con una gran visibilidad del entorno (Mujika, 2017).

Estas poblaciones presentaban una economía basada en la agricultura y en la ganadería. Se han encontrado restos de trigo, cebada y leguminosas (habas y guisantes), que indican la práctica de la rotación de cultivos (Peñalver Iribarren, 2001; Mujika, 2017). Sin embargo, también era común la recolección de frutos y especies silvestres, tanto para consumo humano como animal (San Jose, 2016). Con respecto a la fauna recuperada en los yacimientos, hay una proporción mayor de restos de taxones domésticos frente a taxones salvajes, como el jabalí y el ciervo (Altuna, 1986; Mariezkurrena, 1990). Dentro de los taxones domésticos, destacan el cerdo y la vaca, y en menor medida, la cabra o la oveja y el caballo (San Jose, 2016; Mujika, 2017).

Estas poblaciones empleaban diversas materias primas para utensilios y herramientas usadas en las tareas cotidianas: piedra, hueso, hierro (Figura 1.8). Los cantos de río eran utilizados para la construcción de molinos, alisadores o percutores. El hueso era útil para elaborar mangos de instrumentos (San Jose, 2016). La adopción del hierro en vez del cobre o el bronce supuso la dominancia de este material frente a la materia prima de la industria lítica u ósea (Llanos Ortiz de Landaluce, 1997).



Figura 1.8. Punta de lanza de hierro recuperado en el yacimiento de Munoain (Azkoitia-Azpeitia, Gipuzkoa) (modificado de San Jose, 2016 y G.Studer).

La producción de cerámica estaba destinada principalmente a la obtención de recipientes, cuyos fragmentos son muy abundantes en los yacimientos. Tanto las formas de los recipientes como las dimensiones y las decoraciones presentan una gran diversidad (Peñalver Iribarren, 2001). En concreto, se observan fondos planos y decoraciones basadas en cordones con digitaciones o unguilaciones (San Jose, 2016). Sin embargo, en la segunda

edad de hierro, se empezó a utilizar el torno rápido y la cocción de tipo oxidante, lo que mejoró la calidad de los objetos (Mujika, 2017). La introducción de esta técnica implicó el refinamiento y la mejora de calidad de las pastas cerámicas, así como un aumento de su producción (San Jose, 2016; Hiriart et al., 2018). La cerámica en esta época, además de la adopción del torno para el modelado, se basaba en la levigación de la arcilla hasta obtener una pasta con desgrasantes más pequeños, mediante una cocción uniforme a 800-900°C y oxidante (Olaetxea, 2000; López de Heredia Martínez de Sabarte, 2014). En esta técnica, los motivos de decoración utilizados son los temas geométricos y los temas figurativos (Llanos Ortiz de Landaluce, 1997, 2004; San Jose, 2016).

1.1.2.4 Cambios en la tendencia de la estatura y masa corporal durante la Prehistoria Reciente

No conocemos trabajos de síntesis sobre los cambios en la estatura y la masa corporal de las poblaciones prehistóricas del Holoceno en la vertiente atlántica de los Pirineos Occidentales, aunque sí que existen estudios puntuales (p. ej., Abauntz; Utrilla et al., 2007, 2013, 2014). A nivel peninsular, además de otros estudios puntuales (p. ej., Caño Bajo, Segudet o Magdalena I; Yáñez et al., 2002; Cabrera-Jiménez et al., 2012; Varela Pérez, 2013), Ruff y Garvin (2018) proporcionan datos para el Mesolítico y la Edad de Bronce, en comparación con otras poblaciones históricas.

Otros estudios (Fox, 1996; Cardoso y Gomes, 2009) muestran que en las poblaciones neolíticas de la península ibérica no sucedió un cambio notable en la estatura en comparación con las poblaciones mesolíticas, indicando que los individuos neolíticos también presentaban una estatura baja. A su vez, esos estudios muestran un incremento de los valores de la estatura a partir del Neolítico.

A nivel europeo, se observa que las poblaciones de la península ibérica presentan una menor estatura y masa corporal durante la Prehistoria Reciente (Ruff y Garvin, 2018 y sus referencias), observando mayores diferencias en la muestra masculina del Mesolítico. Este resultado pudo verse afectado por el bajo número de la muestra mesolítica recopilada en esta región. En cuanto al dimorfismo sexual, los niveles observados en la península ibérica son similares a otras muestras europeas.

Holt et al. (2018a) estudiaron muestras francesas e italianas prehistóricas y observaron el descenso de la estatura y de la masa corporal desde el Paleolítico Superior hasta el Neolítico, siguiendo esta tendencia en mujeres hasta la Edad de Bronce en el caso de la estatura. La población neolítica (incluyendo la Edad de Cobre) de esta región presentaba una estatura y masa corporal menores a lo observado en otras poblaciones

europas como las del Centro de Europa o Inglaterra.

Parkinson (2020), utilizando muestras neolíticas y calcolíticas italianas junto a la muestra de Holt et al. (2018a) del resto de periodos, observa la misma tendencia: un descenso de la estatura y de la masa corporal desde el Paleolítico Superior hasta el Neolítico, como posible consecuencia de la neolitización. A partir de la Edad de Cobre y hasta la Edad de Bronce, la estatura se incrementó levemente. En estos últimos periodos se han podido observar diferencias entre sexos, ya que en las mujeres la estatura experimentó un incremento más tarde que los hombres, hasta la Edad de Bronce.

1.1.2.5 Uso sepulcral de los yacimientos a lo largo de la Prehistoria Reciente

Durante el Holoceno, los últimos cazadores-recolectores y las primeras sociedades productoras en la península ibérica muestran variaciones en sus prácticas funerarias con diferencias tanto cronológicas como regionales en el modo de tratar a los muertos (Arias Cabal, 2012a; López-Onaindia y Subirà, 2017). La mayoría de las variaciones en las prácticas mortuorias se centran en el tratamiento funerario y los tipos de localizaciones funerarias utilizadas, las cuales incluyen cuevas, refugios rocosos, estructuras megalíticas y yacimientos al aire libre (Armendariz y Etxeberria, 1995; Ontañón y Armendáriz, 2005; Fernández-Crespo, 2010, 2015, 2016). De forma adicional, cabe mencionar la presencia de una escasa evidencia de canibalismo en la Edad de Bronce en la península ibérica (Cáceres et al., 2007).

Los enterramientos pueden ser tanto primarios o secundarios. En los enterramientos primarios, el individuo se deposita directamente sin ningún tipo de manipulación previa, mientras que en el enterramiento secundario, la piel del cuerpo se retira antes de depositar el individuo (Armendariz, 1992, 1999; Armentano y Malgosa, 2002). A pesar de que se encuentren esqueletos no conectados anatómicamente, es difícil comprobar la presencia de inhumaciones secundarias (Armendariz y Etxeberria, 1983; Ontañón y Armendáriz, 2005), por tanto, la buena preservación de los esqueletos en yacimientos y en estructuras megalíticas indica una posible predominancia de las inhumaciones primarias (Fernández-Crespo, 2010, 2016; Fernández-Crespo y de la Rúa, 2015, 2016).

A su vez, los enterramientos primarios pueden subdividirse en enterramientos individuales y colectivos. Las inhumaciones individuales primarias fueron predominantes durante el Paleolítico, Mesolítico y Neolítico Inicial (Armendariz, 1999; Pettit, 2011), hasta el final del V. milenio B.C., momento en el cual se incrementó el número de inhumaciones colectivas. En los enterramientos individuales, cada esqueleto se encontraba de forma aislada (y/o en una fosa específica), mientras que en el segundo caso todos los esqueletos

se encontraban juntos en un mismo lugar. En este último caso, el de las inhumaciones colectivas en yacimientos arqueológicos puede deberse a enterramientos individuales que se han ido acumulando de manera diacrónica, y/o por enterramientos simultáneos en forma de fosa común, por ejemplo, como consecuencia de un brote de enfermedad o violencia interpersonal (Armendariz y Etxeberria, 1983; Armendariz, 1992, 1999).

Durante el Mesolítico, se usaron con propósitos funerarios tanto las cuevas como los yacimientos al aire libre (Arias y Cubas, 2018), donde los esqueletos fueron enterrados flexionados de manera lateral en enterramientos individuales (Armendariz, 1999; Cubas et al., 2016). Ejemplos en los PAO incluyen J3 (8.300 ± 50 B.P.; 7.594-7.379 cal B.C.) y Linatzeta (7.315 ± 35 B.P.; 6.086-5.925 cal B.C.). En J3, se encontró un individuo masculino adulto, el cual pudo haber estado atado o envuelto (Figura 1.9; Iriarte et al., 2005a; Álvarez-Fernández et al., 2010; Iriarte-Chiapusso et al., 2010), mientras que en Linatzeta el esqueleto perteneció a un infante de 6 meses de edad (Tapia Sagarna et al., 2008). En otros yacimientos, como El Truchiro (Cantabria, VI. milenio B.C.) o Tito Bustillo (Asturias, 8.470 ± 50 B.P.; 7.523-7.199 cal B.C.) (Arias Cabal, 2012b), los esqueletos también se encontraron en la misma posición flexionada. Los enterramientos de Los Canes (Asturias, VII.-VI. milenio B.C.) son notables; cinco individuos fueron hallados en lo que se piensa que es un enterramiento colectivo, pero se ha demostrado posteriormente que los esqueletos fueron inhumados individualmente y que las fosas fueron reutilizadas (Cubas et al., 2016; Arias y Cubas, 2018).

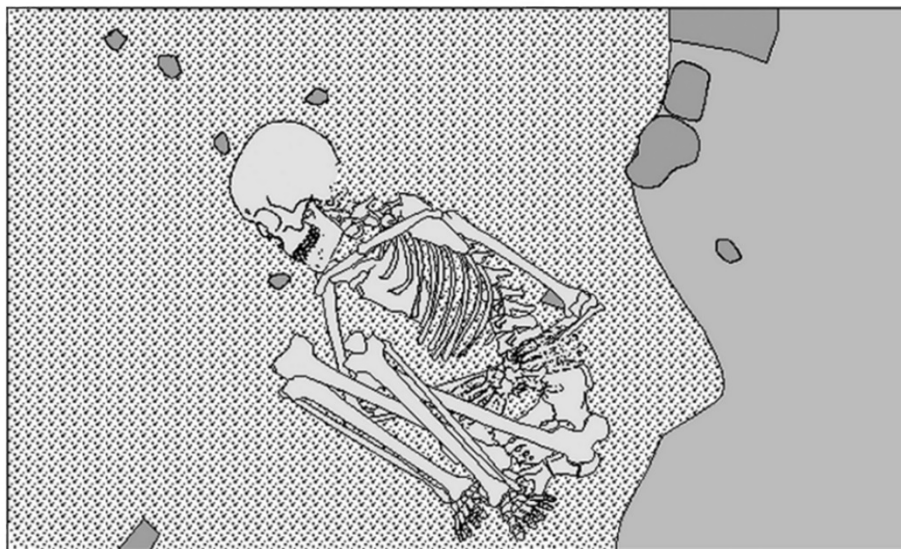


Figura 1.9. Reconstrucción del enterramiento individual del yacimiento de J3 (Hondarribia, Gipuzkoa) (modificado de Iriarte et al., 2005a).

El Neolítico comenzó en torno a finales del VI. milenio-inicios del V. milenio. A mediados del V. milenio B.C., empezó el fenómeno megalítico en el norte de la península (Ontañón y Armendáriz, 2005; López-Onaindia y Subirá, 2017; Arias y Cubas, 2018), teniendo una presencia mayor sobre el 4.000-3.900 B.C. (IV. milenio), sugiriendo que su construcción estuvo limitada a un periodo relativamente corto de tiempo (Arias Cabal, 2012a; Cubas et al., 2016; Arias y Cubas, 2018).

Durante este periodo, los enterramientos colectivos ocurrieron con más frecuencia en estructuras megalíticas que en cuevas o abrigos rocosos (Armendariz, 1992, 1999; Fernández-Crespo, 2010; Arias Cabal, 2012a). Dentro de estas estructuras, destacan los dólmenes, que estaban clasificados en sepulcros de corredor, sepulcros de galería o dólmenes simples (los más frecuentes en el País Vasco; Mujika, 2017).

En el transcurso de la segunda mitad del IV. milenio (Neolítico Tardío-Calcolítico Inicial), el uso de megalitos, a pesar de seguir siendo predominante, empezó a decaer a medida que el uso de las cuevas y de los abrigos rocosos aumentaba (Arias Cabal, 2012a; López-Onaindia y Subirà, 2017). Hay ejemplos de yacimientos enteramente sepulcrales que han sido datados en este milenio, como Pico Ramos (n = 104; Muskiz, Bizkaia) o Urtao II (n = 51; Oñati, Gipuzkoa).

Tanto en yacimientos como en estructuras megalíticas, se han encontrado representados individuos de ambos sexos y de todos los rangos de edad (Armendariz y Etxeberria, 1983; Armendariz, 1990, 1992; Fernández-Crespo y de la Rúa, 2015, 2016). Se ha discutido la posible selección de individuos de rangos de edad determinados en las estructuras megalíticas, como consecuencia de un tratamiento funerario específico o de restricciones relacionadas con el estatus del individuo (Fernández-Crespo y de la Rúa, 2015, 2016). En cuanto al sexo, se ha debatido la mayor presencia de individuos masculinos inhumados en estructuras megalíticas e individuos femeninos en cuevas (Fernández-Crespo y Schulting, 2017).

Se han identificado signos de violencia interpersonal en algunos enterramientos colectivos del Neolítico (Etxeberria y Herrasti, 2007; Fernández-Crespo y De la Rúa, 2015), probablemente debido a un conflicto entre poblaciones (Armendariz, 1999; Fernández-Crespo, 2007). El yacimiento de San Juan Ante Portam Latinam, que contiene un mínimo de 338 individuos, es ampliamente conocido por el descubrimiento de diversos individuos que murieron durante un conflicto y que fueron inhumados simultáneamente (Figura 1.10; Etxeberria y Vegas, 1988; Etxeberria y Herrasti, 2007; Fernández-Crespo, 2007). Además, hay evidencias de una reordenación de algunos de los individuos, mayormente los restos craneales, a una esquina para dejar más espacio a nuevas inhumaciones (Fernández-Crespo et al., 2018). Otra característica interesante

de esta cueva es que está geográficamente rodeada de diversas estructuras megalíticas (Vegas et al., 1999, 2012; Fernández-Crespo y De la Rúa, 2015).



Figura 1.10. Extremo este del enterramiento del yacimiento de San Juan Ante Portam Latinam durante la campaña de excavación de 1991 (Laguardía, Álava/Araba) (modificado de Fernández-Crespo et al., 2018).

Durante el Calcolítico, el uso sepulcral de las cuevas coincidió con el descenso en el uso de los megalitos, así como con una preferencia en la reutilización de estructuras existentes en vez de construir nuevas estructuras (Armendariz, 1990; Fernández-Crespo, 2007; López-Onaindía y Subirà, 2017). La intensidad en el uso de los megalitos continuó decreciendo en el III. milenio B.C., especialmente en el Calcolítico Tardío y la Edad de Bronce Inicial (Arias Cabal, 2012a; Fernández-Crespo y de la Rúa, 2015; Cubas et al., 2016; Arias y Cubas, 2018).

Las cuevas fueron normalmente utilizadas hasta la Edad de Bronce (Ontañón y Armendariz, 2005), siendo usadas tanto con propósitos ocupacionales como funerarios (Armendariz, 1992). En este periodo, los enterramientos colectivos también fueron predominantes y continuaron durante la mayor parte de la Edad de Bronce (Armendariz, 1992; Arias Cabal et al., 2005).

Hay diferencias geográficas en el uso de los megalitos frente a las cuevas o abrigos rocosos como sitios funerarios: los megalitos tendían a encontrarse en altitudes altas, mientras que las cuevas se usaban normalmente a bajas altitudes (Arias Cabal et al., 2005; Arias Cabal, 2012a). Esta diferencia pudo derivar de la necesidad de controlar el paisaje y estar cerca de arroyos (Ontañón y Armendariz, 2005; Fernández-Crespo and De la Rúa, 2016).

Por último, en la Sierra de Atapuerca también se encuentran yacimientos adscritos

cronológicamente a la Prehistoria Reciente. Destacan yacimientos como El Mirador, el Portalón de Cueva Mayor y la Galería del Sílex. El Mirador presenta tres tipos de actividades funerarias, adscritas al Calcolítico (sector 200) y a la Edad de Bronce (ver sección 2.1.4). En dos de ellas, los restos óseos de los individuos se encontraban mayormente mezclados y sin conexión anatómica: en la sepultura calcolítica como consecuencia de la remoción de excavadores clandestinos (Ceperuelo et al., 2015; Modesto-Mata et al., 2015), mientras que en la sepultura de la Edad de Bronce como posible consecuencia de la canibalización de los restos óseos (Cáceres et al., 2007; Gómez Sánchez et al., 2014).

En el Portalón de Cueva Mayor se han encontrado diversos enterramientos posiblemente primarios del Calcolítico en un túmulo dentro de la cueva, donde se han contabilizado 8 individuos (5 subadultos y 3 adultos, con representación de ambos sexos; Pérez-Romero et al., 2017). Entre esos individuos, destaca un individuo masculino de 6-7 años, que pudo haber padecido varios desordenes metabólicos como consecuencia de las condiciones de vida (falta de higiene, dieta escasa y mixta enfocada a la carne, infecciones; Castilla et al., 2014; García-González et al., 2018).

Por último, en la Galería del Sílex, se han contabilizado un número mínimo de 25 individuos, donde están representados tanto los individuos subadultos como adultos (Galera Olmo 1987, Galera, 1988). Este yacimiento funcionó como un santuario, y los restos humanos recuperados, diseminados y con marcas de raspado en uno de los cráneos, fueron probablemente parte de un enterramiento colectivo secundario (Díez Fernández-Lomana et al., 2014).

1.2 OBJETIVO GENERAL

El objetivo principal de esta Tesis Doctoral es avanzar en el conocimiento de los aspectos biológicos y del modo de vida de las poblaciones de la Prehistoria Reciente en el norte de la península ibérica.

Debido a la abundancia de rocas calizas en la vertiente atlántica de los Pirineos Occidentales, se han formado un gran número de cuevas en esta región. Algunas de ellas fueron utilizadas como lugares de enterramiento durante la Prehistoria Reciente. A pesar de los muchos estudios realizados, en muchos casos los estudios se limitan a inventarios muy pequeños y el número de cuevas con dataciones es reducido. Además, no se han aplicado nuevas técnicas paleobiológicas que puedan aportar datos sobre la vida del pasado en restos humanos del norte de la península ibérica.

Así, esta tesis doctoral, para la consecución del objetivo general, pivota sobre tres

ejes en referencia a las poblaciones de la Prehistoria Reciente del norte de la península ibérica: la obtención de nuevos datos y sistematización de los datos cronológicos disponibles, la realización de nuevos estudios antropológicos y la realización por primera vez de estudios biomecánicos en huesos largos.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

En concreto, en esta tesis se proponen los siguientes objetivos específicos en relación a los tres ejes sobre los que se articula esta tesis:

1.3.1 Cronología del uso funerario en cuevas en la vertiente atlántica de los Pirineos Occidentales durante el Mesolítico y la Prehistoria Reciente

El objetivo general es realizar una puesta al día sobre la cronología del uso funerario en cuevas. Para ello, los objetivos específicos de este apartado son:

1. La selección de muestras y realización de dataciones por radiocarbono de restos humanos de los yacimientos de Abittaga (Amoroto), Lumentxa (Lekeitio) y Atxuri-I (Mañaria), localizados en la provincia de Bizkaia.
2. La recopilación bibliográfica de las dataciones por Carbono 14 (^{14}C) realizadas sobre restos humanos recuperados en yacimientos en cuevas de la vertiente atlántica de los Pirineos Occidentales (provincias de Bizkaia y Gipuzkoa, el Norte de Navarra y la región histórica de Béarn).
3. La comparación de estas dataciones con las realizadas sobre restos humanos recuperados en estructuras megalíticas de esa misma región.

1.3.2 Estudio antropológico de los restos humanos de los yacimientos de Abittaga, Atxuri-I y Lumentxa (Bizkaia) y El Mirador (Sierra de Atapuerca, Burgos)

El objetivo consiste en aportar más datos sobre la paleobiología de las poblaciones humanas de la Prehistoria Reciente en el norte de la península ibérica. En este apartado se van a tener en cuenta los yacimientos de Abittaga, Atxuri-I y Lumentxa, de la provincia de Bizkaia, y el yacimiento de El Mirador, situado en la Sierra de Atapuerca. Los objetivos específicos son:

1. La realización del estudio de los restos humanos de los yacimientos de Abittaga, Lumentxa, y Atxuri-I (Bizkaia).

2. El estudio de las extremidades superiores e inferiores de los restos humanos calcolíticos (sector 200) de la cueva de El Mirador (Sierra de Atapuerca, Burgos).

1.3.3 El estudio de las propiedades geométricas de las secciones transversales de los huesos largos de yacimientos de la Prehistoria Reciente del norte de la península ibérica

Por último, el objetivo principal de este bloque es poder realizar el estudio de los huesos humanos desde una perspectiva que sirva de complemento al estudio antropológico básico en la península ibérica. Los objetivos específicos son:

1. La realización del estudio biomecánico de los restos óseos de uno de los individuos del yacimiento de Lumentxa (Bizkaia), que supone los primeros datos de este tipo para el Neolítico de la península ibérica.
2. La realización del estudio biomecánico de un fémur completo del yacimiento de Atxuri-I adscrito a la Edad de Bronce gracias a una datación de ^{14}C , que supone los primeros datos de este tipo para el norte de la península.
3. La realización del estudio biomecánico en los huesos largos recuperados del enterramiento calcolítico del yacimiento de El Mirador. Este estudio sería el primero realizado en restos calcolíticos en la península ibérica. Realización de un estudio asimétrico en los húmeros del yacimiento de El Mirador, con el fin de conocer con mayor detalle si existen diferencias en el uso de este hueso largo.

Una parte de estos resultados obtenidos en esta tesis han sido presentados en congresos y han sido publicados en revistas científicas con revisión por pares (Tabla 1.2). La parte dedicada al yacimiento de El Mirador permanece inédita.

Tabla 1.2. Síntesis de los artículos científicos publicados y los congresos asistidos durante la realización de la Tesis Doctoral.

Artículos científicos y presentaciones a Congresos		Apartado 1	Apartado 2	Apartado 3
Artículos	García-Sagastibelza, 2017. CKQ		X	
	García-Sagastibelza et al., 2020a. Quaternary International	X	X	X
	García-Sagastibelza et al., 2020b. Quaternary International	X	X	X
	García-Sagastibelza et al., in 2021. Quaternary International	X		
	Ríos-Garaizar et al., 2020. Munibe (Arkeologia-Antropología).	X	X	
Congresos	Encuentro de Jóvenes Investigadores en Paleontología (11 abril-14 abril 2018)	X	X	
	Reunión Nacional de Cuaternario (1 julio-5 julio 2019)	X	X	X

*Apartado 1: Cronología del uso funerario en cuevas en la vertiente atlántica de los Pirineos Occidentales durante el Mesolítico y la Prehistoria reciente.

Apartado 2: Estudio antropológico de los restos humanos en yacimientos de los yacimientos de Abittaa, Atxuri-I y Lumentxa(Bizkaia) y El Mirador (Sierra de Atapuerca, Burgos).

Apartado 3: El estudio de las propiedades geométricas de las secciones transversales de los huesos largos de yacimientos de la Prehistoria Reciente del norte de la península ibérica.

Los resultados de la presente tesis doctoral han sido publicados en los siguientes artículos (ver Apéndices):

García-Sagastibelza, A., 2017. Los restos humanos de la cueva de Atxuri I (Mañaria) dentro del contexto del uso sepulcral de las cuevas en Bizkaia. Estudios de Cuaternario / Kuaternario Ikasketak / Quaternary Studies 7, 19-37. (Trabajo Final de Máster posteriormente).

García-Sagastibelza, A., Arribas Pastor, J.L., López-Onaindia, D., Pomeroy, E., Rodríguez-Hidalgo, A., Castex, D., Couture-Veschambre, C., Gómez-Olivencia, A., 2020a. The human remains from the Lumentxa cave (Lekeitio, Biscay, Northern Iberian Peninsula): Paleobiology, taphonomy and chronology. Quaternary International 566-567, 191-210.

García-Sagastibelza, A., López-Onaindia, D., Lambacher, N., Pomeroy, E., Cubas, M., Subirà, M.E., Castex, D., Couture-Veschambre, C., Gómez-Olivencia, A., 2020b. The funerary use of caves during the Holocene in the Atlantic Western Pyrenees: new information from Atxuri and Txotxinkoba caves (Biscay, Northern Iberian Peninsula). Quaternary International 566-567, 171-190.

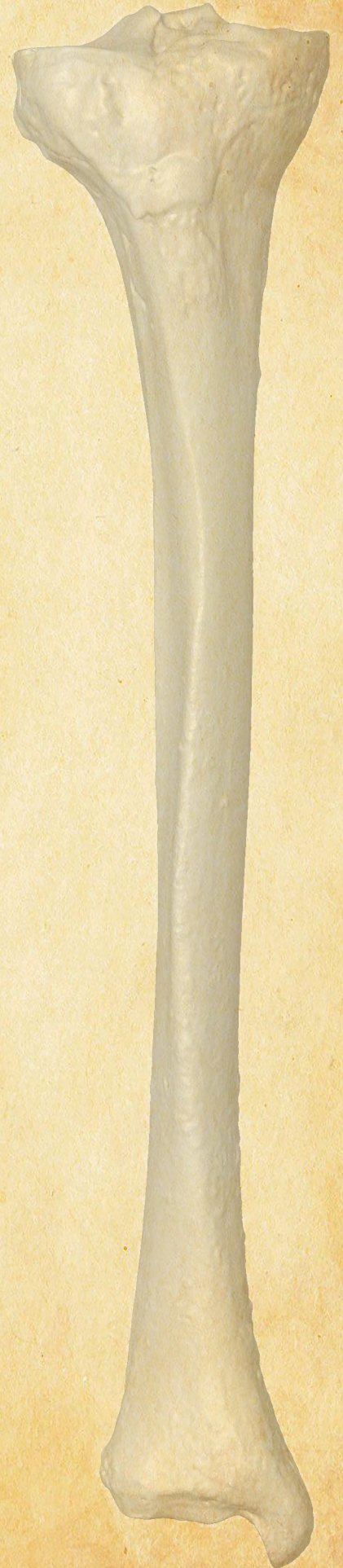
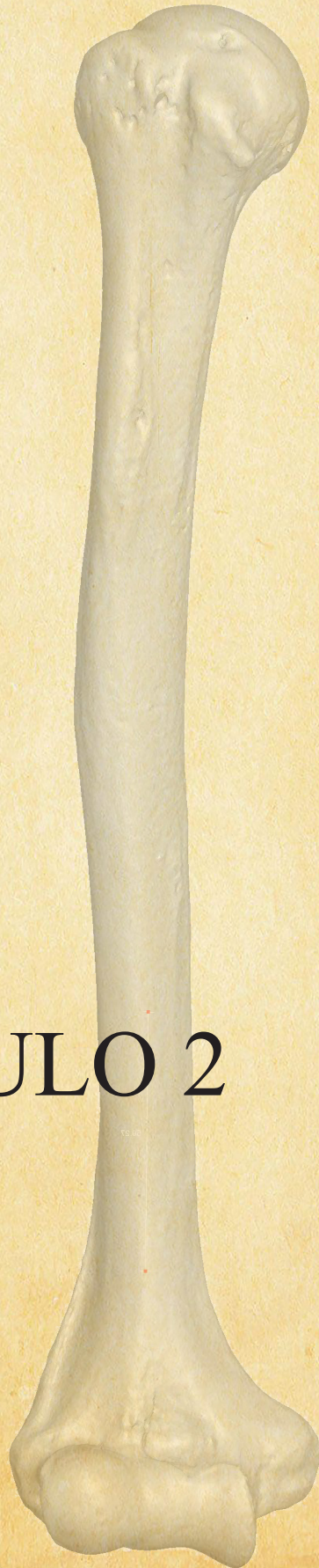
Rios-Garaizar, J., San Emeterio, A., Larrea Robles, M., Cubas, M., García-Sagastibelza, A., Garate Maidagan, D., Peyroteo Stjerna, R., Núñez-Lahuerta, C., Gómez-Olivencia, A., 2020. La secuencia prehistórica de la cueva de Abittaa (Amoroto, Bizkaia): evaluación de las excavaciones de J.M. Barandiarán Ayerbe (1964-1966), *Munibe (Arkeologia-Antropologia)* 71.

García-Sagastibelza, A., López-Onaindia, D., Lambacher, N., Pomeroy, E., Cubas, M., Subirà, M.E., Castex, D., Couture-Veschambre, C., Gómez-Olivencia, A., 2021. Corrigendum to “The funerary use of caves during the Holocene in the Atlantic Western Pyrenees: new information from Atxuri and Txotxinkoba caves (Biscay, Northern Iberian Peninsula) [Quat. Int. 566-567 (2020) 171-190]”. *Quaternary International* 595, 155-156.

Y han sido presentados en los siguientes congresos:

García-Sagastibelza, A., Arribas.Pastor., J.L., Gómez-Olivencia, A., (Póster). Estudio antropológico preliminar del yacimiento de Lumentxa (Lekeitio, Bizkaia). XVI Encuentro de Jóvenes Investigadores en Paleontología, Zarautz (Gipuzkoa). 11-14 abril 2018.

García-Sagastibelza, A., Arribas Pastor., J.L., Castex, D., López-Onaindia, D., Rodríguez-Hidalgo, A., Couture-Veschambre, C., Gómez-Olivencia, A., (Póster). Estudio antropológico y biomecánico de los restos humanos del yacimiento de Lumentxa (Lekeitio, Bizkaia), XV Reunión Nacional de Cuaternario, Bilbao (Bizkaia), 1-5 julio 2019.



CAPÍTULO 2

Materiales

ÍNDICE

2.1-MUESTRAS SELECCIONADAS PARA ESTE ESTUDIO.....	33
2.1.1-Abittaga.....	33
2.1.2-Atxuri-I.....	37
2.1.3-Lumentxa.....	39
2.1.4-El Mirador (Sierra de Atapuerca, Burgos).....	43
2.2-MUESTRAS COMPARATIVAS.....	49
2.2.1-Cronología del uso funerario en cuevas en la vertiente atlántica de los Pirineos Occidentales durante el Mesolítico y la Prehistoria Reciente.....	50
2.2.2-Estudio antropológico de los restos humanos de los yacimientos de Abittaga, Atxuri-I y Lumentxa (Bizkaia) y El Mirador (Sierra de Atapuerca, Burgos)	51
2.2.2.1-Número mínimo de individuos, edad de muerte y sexo.....	51
2.2.2.2-Estatura y masa corporal.....	51
2.2.3-El estudio de las propiedades geométricas en secciones de los huesos largos de yacimientos de la Prehistoria Reciente del norte de la península ibérica.....	51
2.2.3.1-Atxuri-I y Lumentxa.....	54
2.2.3.2-El Mirador.....	56

2.1 MUESTRAS SELECCIONADAS PARA ESTE ESTUDIO

En este trabajo se han estudiado los restos humanos de cuatro yacimientos del norte de la península ibérica con objetivos diferenciados. Tres de estos yacimientos (Abittaga, Atxuri-I y Lumentxa) están situados en la vertiente cantábrica de la provincia de Bizkaia, mientras que el cuarto (El Mirador) está localizado en la Sierra de Atapuerca (Burgos), en la submeseta norte, cerca del corredor de la Bureba. A continuación, se va a exponer el contexto general de cada uno de estos yacimientos (Figura 2.1).



Figura 2.1. 1) Localización general de los yacimientos estudiados en el norte de la península ibérica. 2) Localización del yacimiento de Atxuri-I con respecto a las ciudades de Bilbao y Vitoria-Gasteiz. 3) Localización del yacimiento de El Mirador con respecto a la ciudad de Burgos. 4) Localización de los yacimientos de Lumentxa y Abittaga con respecto a la localidad de Lekeitio.

2.1.1 Abittaga

La cueva de Abittaga se encuentra en la falda Sureste del monte Mandolarra, cerca del municipio de Amoroto (Bizkaia), a unos 96 m.s.n.m. y a 85 metros sobre el cauce actual del río Lea (Garate Maidagan, 2012; Rios-Garaizar et al., 2020). Este yacimiento destaca por estar asentado en una zona de calizas urgonianas del Cretácico Inferior.

La entrada tiene unas dimensiones de 1,5 × 3,5 m, y está colmatada parcialmente

por un cono de derrubios que llega hasta el interior del vestíbulo (Figura 2.2; San Emeterio et al., 2017). La entrada conecta con una galería principal de grandes dimensiones que termina bifurcándose a los 100 m aproximadamente, formando una red de galerías de hasta 5.000 m en diversos niveles (San Emeterio y Rios-Garaizar., 2017; Rios-Garaizar et al., 2020).



Figura 2.2. Aspecto de la entrada del yacimiento de Abittaga durante la excavación en el año 2016 (modificado de Rios-Garaizar et al., 2020).

El yacimiento fue visitado por José Miguel de Barandiarán en 1929 y en 1936, pero no realizó ninguna excavación hasta 1964 (Garate Maidagan, 2012). La primera intervención se realizó ese mismo año en la zona del vestíbulo (Figura 2.3). Entre 1965 y 1966 se realizaron otras campañas de excavación, en otra zona del mismo vestíbulo, que fueron publicados unos años más tarde (Barandiarán, 1969, 1971).

Posteriormente, en 1970, J.M. Apellaniz realizó una pequeña intervención en la cueva, con el fin de ampliar la excavación llevada a cabo por José Miguel de Barandiarán, pero los datos obtenidos no han sido publicados hasta la fecha. En 2016 se volvió a realizar una nueva intervención arqueológica, dirigida por A. San Emeterio, con el fin de reestudiar y documentar el posible potencial del yacimiento (San Emeterio y Rios-Garaizar., 2017; Rios-Garaizar et al., 2020).

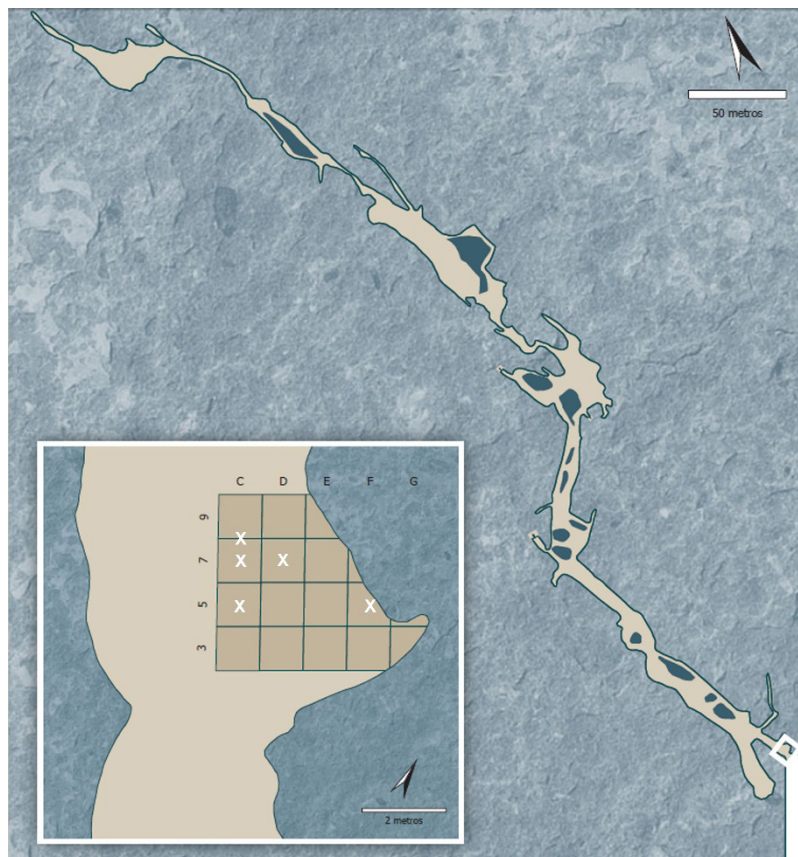


Figura 2.3. Plano de excavación del yacimiento de Abittaga. Las zonas marcadas indican donde fueron encontrados los restos humanos estudiados en este trabajo.

Estas excavaciones permitieron definir una secuencia estratigráfica de 7 niveles, siendo el nivel I (Prehistoria Reciente) el más reciente y el nivel VII (Magdalenense) el más antiguo. Este yacimiento ha proporcionado restos de industria lítica, ósea, cerámica, fauna y restos humanos. El bajo número de restos recuperados en la última intervención y la imposibilidad de correlacionar esos materiales con los recuperados durante las intervenciones realizadas por José Miguel de Barandiarán, conlleva que sea la colección Barandiarán la que contiene los materiales más característicos y estudiados a lo largo de los años (San Emeterio y Rios-Garaizar, 2017; Rios-Garaizar et al., 2020). Todos los restos arqueo-paleontológicos recuperados en las excavaciones de Abittaga están almacenados en el Arkeologi Museoa (Bilbao).

La mayor parte de la industria lítica como de la industria ósea se recuperaron en los niveles inferiores. En el caso de la industria lítica, aunque se han recuperado restos en todos los niveles, los pocos restos recuperados en el nivel V son soportes laminares, mientras que en nivel VI predominan las lascas y productos de acondicionamiento de núcleos laminares (Rios-Garaizar et al., 2020). En el nivel VII, que tiene una adscripción al Magdalenense Superior final (González Sainz, 1983), se recuperaron 639 restos líticos,

mayoritariamente de sílex (99,21%). Tipológicamente dominan los buriles, el utillaje de sustrato y las láminas retocadas (Garate Maidagan, 2012).

En el caso de la industria ósea, solamente hay material correspondiente a los niveles VI y VII. En el nivel VI se han recuperado solamente dos fragmentos de varillas en asta y sección plano-convexa (González Sainz, 1983; Garate Maidagan, 2012). En el nivel más inferior, las piezas encontradas son seis azagayas sobre asta y tres fragmentos de arpón cilíndricos y con una hilera de dientes (Rios-Garaizar et al., 2020). Las azagayas presentan diferentes tipos de secciones (dos son cuadrangulares, tres son circulares y una es rectangular) y ninguna de ellas está completa ni presenta ninguna decoración (Barandiarán, 1969, 1971).

El material cerámico, por el contrario, proviene de los niveles estratigráficos superiores. La cerámica recuperada está formada por 106 fragmentos aislados, aunque eso no ha impedido reconstruir dos recipientes, que actualmente se encuentran depositados en el Arkeologia Museoa (Bilbao, Bizkaia). El conocido como recipiente 1 presenta una morfología ovoide de perfil simple con un borde superior recto y plano con dos cordones paralelos al borde como decoración (Rios-Garaizar et al., 2020). El recipiente 2 conserva solo un tercio del recipiente. Éste presenta una morfología ovoide de perfil simple con un borde superior recto y labio redondeado y convexo, sin motivos decorativos, presentando una superficie lisa. Los restos encontrados podrían indicar presencia de actividad en la cavidad entre el III. y el I. milenio cal antes de nuestra era (B.C.E).

Con respecto a los fragmentos restantes, en forma de resumen, destacan aquellos que presentan una morfología de galbos convexos, seguidos de galbos indeterminados y de morfología indeterminada. En cuanto a su decoración, aquellos fragmentos recuperados en el nivel I no presentan ningún motivo decorativo, mientras que en niveles más inferiores presentan fragmentos de cordones adheridos y dispuestos en horizontal (Rios-Garaizar et al., 2020).

En cuanto al arte parietal, en los últimos años se han localizado una serie de manchas rojas tanto en las paredes como en el techo del vestíbulo (Garate et al., 2016-2017). A su vez, destaca la recuperación de un canto rodado durante la campaña de excavación de 1965-1966, donde presenta un animal cuadrúpedo, posiblemente una cabra, grabado en una de sus caras (Fernández Ibáñez, 1986), considerándose como una muestra arte esquemática, aunque en la actualidad se presentan dudas sobre esta interpretación (Rios-Garaizar et al., 2020).

Con respecto a la fauna, se han recuperado restos de micromamíferos, aves, macromamíferos, peces y moluscos (Rios-Garaizar et al., 2020). Dentro de las aves,

predomina la chorva piquirroja (*Pyrrhocorax pyrrhocorax*), mientras que entre los macromamíferos destacan los herbívoros. Con respecto a los niveles del Holoceno, predominan los ovicápridos y los restos de suido (*Sus* sp.; cerdo/jabalí) entre otros, mientras que en los niveles del Pleistoceno se han recuperado rebeco (*Rupicapra pyrenaica*), cabra montesa (*Capra pyrenaica*) y ciervo (*Cervus elaphus*). Además, también se han encontrado restos de pez (niveles VI y VII) y de malacofauna (Garate, 2012; Rios-Garaizar et al., 2020), destacando las lapas en los niveles superiores (género *Patella*) y el gasterópodo *Littorina obtusata* en los niveles más inferiores. Entre los restos de microfauna, se han encontrado únicamente en el nivel I al menos restos pertenecientes al Orden Rodentia y al Orden Eulipotyphla (Rios-Garaizar et al., 2020). La datación por radiocarbono de un metápodo de ungulado recuperado en el nivel VII ha arrojado un resultado de 12.240 ± 40 B.P. (Beta-457783, 14.400-14.130 cal B.P.), coherente con la adscripción cultural de este nivel al Magdaleniense Superior final (Rios-Garaizar et al., 2020).

Por último, todos los restos humanos recuperados en este yacimiento proceden de las excavaciones de José Miguel de Barandiarán, concretamente de los niveles superiores del yacimiento (niveles I, II y III).

2.1.2 Atxuri-I

La cueva de Atxuri-I estaba localizada en la montaña de nombre homónimo, situada en un desfiladero que separa las montañas Mugarra (964 m) y Untzillatx (934 m) y cerca del municipio de Mañaria (Bizkaia), a unos 225 m.s.n.m. Este yacimiento ya no existe como consecuencia de los trabajos realizados en la cantera de Markomin Goikoa (Nolte, 1957; Castaños, 1986). La entrada del yacimiento estaba orientada hacia el sur del monte Atxuri y tenía unas dimensiones de 2 m de alto y 2,50 m de ancho y con un pasillo de 17-18 m de largo que llevaba a una única galería (Figura 2.4, Apellániz, 1973).

El yacimiento fue descubierto por José Miguel de Barandiarán en 1929 y desde entonces se realizaron dos intervenciones arqueológicas. La primera excavación fue dirigida por E. Nolte en 1957, tras haber realizado una visita de forma independiente el año anterior (Nolte, 1957; Garate Maidagan, 2012). Posteriormente, el segundo periodo de excavación fue llevado a cabo por el mismo José Miguel de Barandiarán en 1960, finalizando en 1961 (Barandiarán, 1964; Castaños, 1986) o en 1962 (Apellániz, 1973; Garate Maidagan, 2012). Esta última excavación fue una intervención de emergencia ante la inminente construcción de la cantera Markomin Goikoa, que finalizó durante el tercer cuarto del siglo XX (Castaños, 1986; Garate Maidagan, 2012).

En la actualidad resulta imposible reconstruir la estratigrafía del yacimiento. La destrucción temprana de la cueva ha impedido recopilar información suficiente, ya que solamente hay valoraciones realizadas por José Miguel de Barandiarán durante la primera parte de la excavación de 1961 (Barandiarán, 1964; Garate Maidagan, 2012). Por tanto, la información disponible es bastante escasa, aunque Barandiarán (1964) propone una estratigrafía con 7 niveles estratigráficos (del nivel I hasta el nivel VII). Los niveles I-IV corresponderían a la Prehistoria Reciente, mientras que los niveles V-VII al Paleolítico Superior (Arias, 1989). Además, hay constancia de que el yacimiento estaba removido en época reciente (Barandiarán, 1964), posiblemente debido a la acción de buscadores de tesoros (Garate Maidagan, 2012), dificultando aún más su estudio.

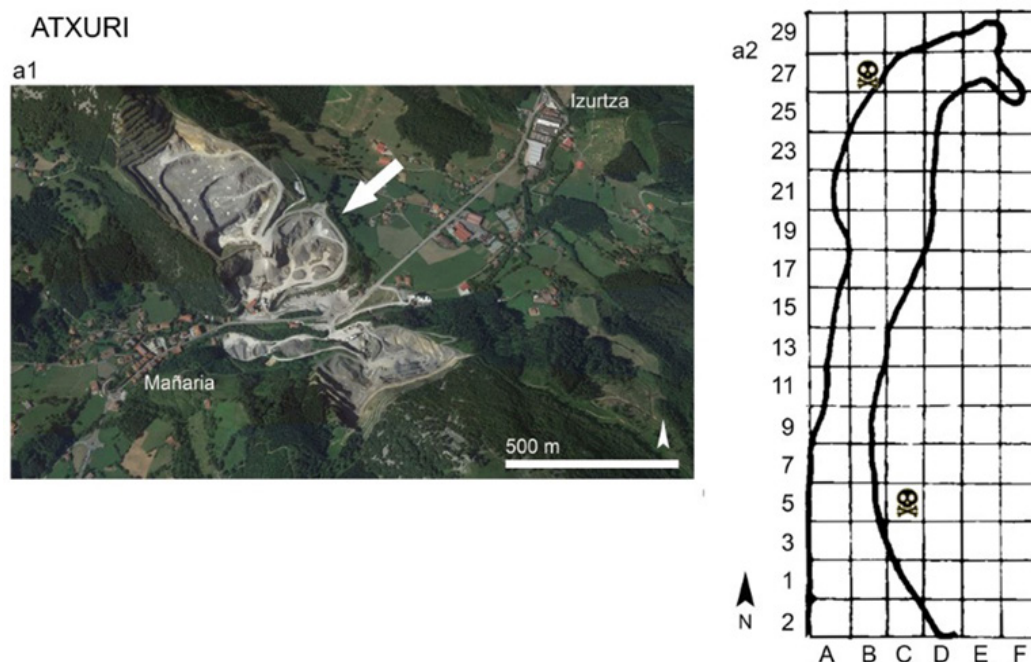


Figura 2.4. a1) Antigua localización del yacimiento de Atxuri-I con respecto a las localidades de Mañaria e Izurtza y a2) plano de excavación indicando la posición donde fueron recuperados los restos que se han datado para este trabajo.

Hay evidencias arqueo-paleontológicas y dataciones directas por radiocarbono que indican que el yacimiento fue ocupado tanto durante el Pleistoceno como el Holoceno. Todos los restos arqueológicos, paleontológicos y antropológicos están depositados en el Arkeologi Museoa (Bilbao).

La tipología de los restos de industria lítica demuestran una ocupación durante el Solutrense (Garate Maidagan, 2012). La falta de información, así como la recuperación de diversos materiales de adscripción paleolítica como puntas con muescas típicas, buriles de Noailles o pequeñas azagayas monobiseladas no permite descartar una posible ocupación durante otros periodos del Paleolítico Superior. Para los periodos post-paleolíticos,

destacan los raspadores en lascas, buriles, muescas o puntas de retoque plano entre otros, atribuyendo estos restos al Calcolítico avanzado (Arias, 1989).

Por otro lado, se ha sugerido la presencia de arte parietal en el yacimiento (Fernández, 1971), representando a un animal indeterminado pintado en rojo, pero la falta de fotografías no permite su estudio (Garate Maidagan, 2012). Una pieza de arte mueble (un fragmento de asta con decoración en relieve) tiene una datación directa de 9.625 ± 80 B.P. (9.251-8.778 cal B.C.), que adscribe a este resto al Aziliense (Euskal Arkeologia Etnografia eta Kondaira Museoa/Museo Arqueológico, Etnográfico e Histórico Vasco, 1995). La escasa presencia de cerámica e industria ósea (dos fragmentos puntas de asta, una esquirla de hueso biapuntada y un fragmento mesial de punta de asta) en el yacimiento confirma la presencia de ocupaciones durante el Holoceno (Arias, 1989).

Respecto a la fauna, se han recuperado taxones domésticos como oveja o cabra, indicando una ocupación durante el Neolítico o más reciente. A su vez, también se han recuperado restos de taxones ya extintos en la zona (extirpados), tales como el reno (*Rangifer tarandus*) o el leopardo (*Panthera pardus*). La datación de un resto de reno en 13.030 ± 60 B.P. (Gómez-Olivencia et al., 2014) indicaría la presencia de este animal durante el Paleolítico Superior. El leopardo, por otro lado, se habría extinguido a finales del Pleistoceno, aunque es probable que a nivel de la península ibérica desapareciera durante el tardiglacial o el Holoceno inicial (Sanchis et al., 2015).

Se han realizado varios análisis de ADN mitocondrial en los restos humanos de Atxuri-I (Prieto, 2002; Fernández, 2005). Prieto (2002) utilizó 12 muestra, asumiendo que el depósito funerario abarcaba desde el V. hasta el IV. milenio B.C.E. (esto es, aproximadamente desde el Neolítico hasta el Calcolítico). Fernández (2005), en cambio, usó 13 muestras para el estudio, considerando que el uso sepulcral de la cueva sucedió entre el III. y el II. milenio B.C.E. (Valdés, comunicación personal), que correspondería con el Calcolítico/Edad de Bronce. Sin embargo, no nos consta que estos autores hayan publicado dataciones por radiocarbono de restos humanos de este yacimiento.

2.1.3 Lumentxa

La cueva de Lumentxa se sitúa sobre la ladera del monte Calvario o Lumentxa, en el paraje de Kakueta y cerca del municipio costero de Lekeitio (Bizkaia) (Arribas Pastor, 1997; Garate Maidagan et al., 2013). Se encuentra a unos 70 m.s.n.m. y se caracteriza por estar en la margen izquierda de la desembocadura del río Lea (Garate Maidagan, 2012; Arribas Pastor y Berganza Gochi, 2018).

La entrada del yacimiento, orientada hacia el suroeste, tiene unas dimensiones de $2,5 \times 3,5$ m (Arribas, 1997) y conecta con un vestíbulo de grandes dimensiones (18×9 m y un área de 200 m² aproximadamente; Figura 2.5) y de morfología cuadrangular. A la izquierda de esta sala hay una pequeña galería, mientras que al final del vestíbulo principal hay una galería curvada (Arribas Pastor y Berganza Gochi, 2018). Esta última galería conecta con un pasillo que lleva a otra galería de 50 m de largo, que indicaría el final de la cueva.

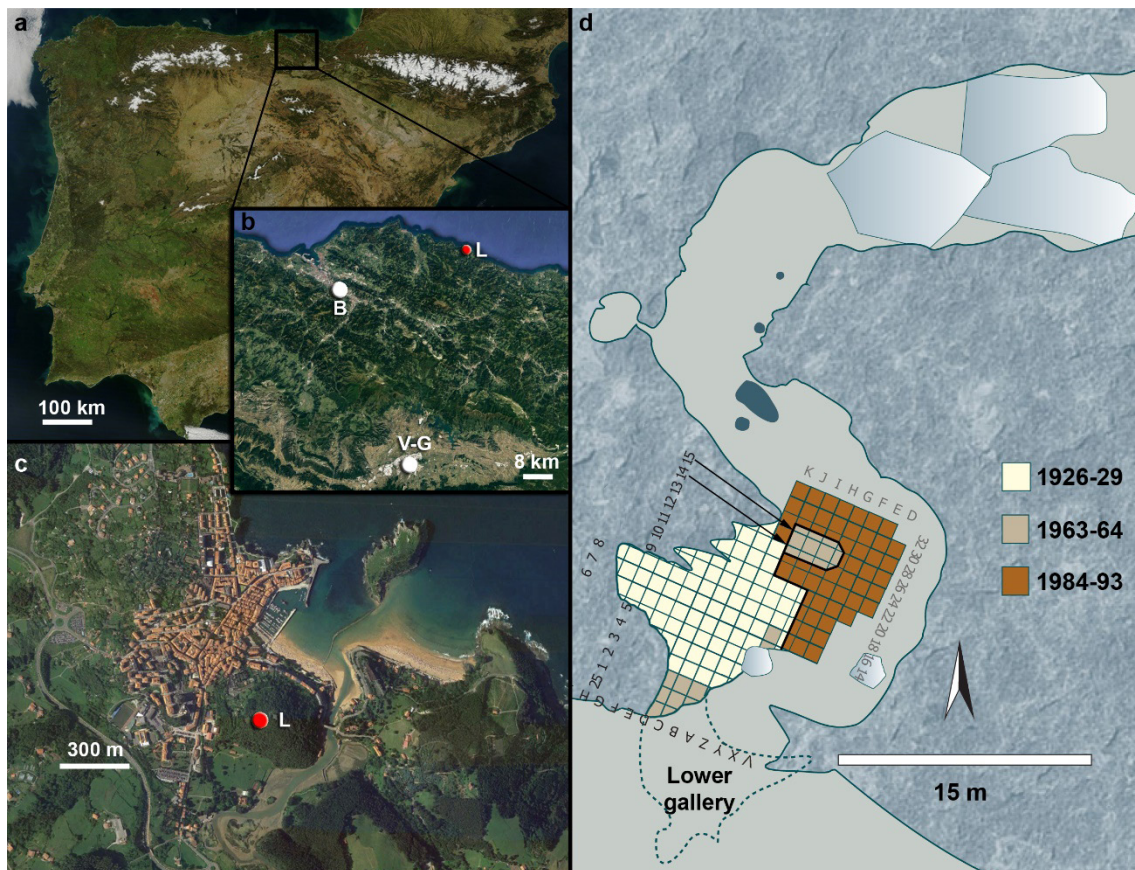


Figura 2.5. a-b) Localización de Lumentxa en el norte de la península ibérica, con respecto a las ciudades de Bilbao (B) y Vitoria-Gasteiz (V). c) Localización del yacimiento de Lumentxa con respecto a la localidad de Lekeitio. d) Plano de excavación de la cueva, marcando los diferentes periodos de excavación.

El yacimiento fue descubierto el 12 de agosto de 1921 por José Miguel de Barandiarán, Nicolás de Arroita y Eustasio de Arritola (Aranzadi et al., 1935). Se han realizado tres periodos de excavación a lo largo del siglo XX, recuperando un registro arqueo-paleontológico que abarca desde el Paleolítico Superior hasta la Época Romana (Aranzadi et al., 1935; Barandiarán Maestu, 1967; Garate Maidagan, 2012; Arribas Pastor y Berganza Gochi, 2018). El primer periodo de excavaciones fue dirigido por Telesforo de Aranzadi y José Miguel de Barandiarán entre 1926 y 1929 (Arribas, 1997). La segunda intervención arqueológica tuvo lugar entre 1963 y 1964 y fue dirigida únicamente por José Miguel de Barandiarán, ante la posible destrucción que podía sufrir el yacimiento como

motivo de las visitas que recibía (Garate Maidagan et al., 2013). El último periodo de excavación se llevó a cabo entre 1984 y 1993 y fue dirigido por José Luis Arribas (Arribas Pastor y Berganza Gochi, 2018). Cabe destacar que la proximidad de la cavidad al pueblo de Lekeitio, así como su fácil acceso han posibilitado la visita de muchos “buscadores de tesoros” desde la segunda mitad del siglo XIX, lo cual ha provocado daños en el yacimiento (Figura 2.5).

El primer periodo de excavación fue realizado en trincheras, mientras que durante la segunda intervención se realizó un plan usando cuadrículas, incluyendo también las zonas excavadas en la intervención anterior (García-Sagastibelza et al., 2020a). De forma paralela, toda la colección recuperada durante la primera excavación fue reorganizada en un sistema de cuadrantes. Durante la última excavación es cuando se recuperaron la mayor parte de restos arqueológicos y es donde se estudió el yacimiento con métodos más modernos (Arribas Pastor y Berganza Gochi, 2018).

La reasignación del sistema de trincheras empleado en la primera excavación, a las cuadrículas deja algunas dudas sobre la procedencia del material. Además, al comparar los restos obtenidos en las excavaciones más recientes con las más antiguas, se intuye que los restos más pequeños y/o considerados como indeterminados no se guardaban, al igual que en otras excavaciones de la época (Gómez-Olivencia et al., 2018b). Por ello, es recomendable diferenciar los restos arqueo-paleontológicos recuperados durante las dos primeras intervenciones arqueológicas de la excavación más reciente.

Los niveles arqueológicos correspondientes al Paleolítico Superior, excavados durante las dos primeras intervenciones, han proporcionado restos arqueo-paleontológicos muy diversos. Dentro de la industria ósea, destacan los buriles, algunos dientes de fauna perforados, azagayas, arpones y puntas de lanza entre otros (Aranzadi et al., 1935; Arias, 1989). En el caso de la industria lítica, se ha observado principalmente la presencia de buriles y raspadores. A su vez, los niveles inferiores han aportado restos de fauna salvaje como ciervos, grandes bóvidos, cabras montesas, rebecos y renos (Castaños, 1986; Gómez-Olivencia et al., 2014). También destaca la presencia de abundantes moluscos (Barandiarán, 1966; González Sainz, 1989).

Por otro lado, hay evidencias de arte parietal en la cavidad referentes al periodo del Magdaleniense Superior. Destacan tres representaciones zoomorfas (dos bisontes y un caballo) y veinticinco representaciones ideomórficas (líneas, puntos y manchas) en varias galerías (Garate Maidagan et al., 2013). También se han descubierto otro tipo de evidencias como un objeto de sílex colocado en la pared, una estructura de pared “muraria” o una mancha de ocre sobre una plataforma colgada. Estas evidencias están directamente asociadas con otras pruebas adscritas al Magdaleniense Superior del área

cántabro-pirenaico (Garate Maidagan et al., 2013).

La excavación más reciente, dirigida por J.L. Arribas, se realizó en un sector diferente de la cueva. La secuencia estratigráfica (elaborada a partir de esta intervención), dividida en tres niveles y con varios subniveles, muestra únicamente niveles adscritos al Holoceno: desde la Prehistoria Reciente hasta la Época Romana (Arribas Pastor y Berganza Gochi, 2018). El nivel I está formado por materiales modernos y prehistóricos. El subnivel IIA es una mezcla de materiales modernos y romanos (p. ej., “Terra sigillata” y cerámica común no torneada, asignados al siglo IV. B.C.E.; Arribas Pastor y Berganza Gochi, 2018). El subnivel IIB abarca materiales adscritos a la Edad de Bronce y Calcolítico, mientras que el subnivel IIC está adscrito al Neolítico Final. En ambos subniveles destaca la industria lítica tallada en sílex (p. ej., lascas, láminas y laminillas) e industria ósea representada mayormente por punzones. La cerámica se encuentra bastante fragmentada en ambos subniveles, con la siguiente diferencia: de forma general, en el subnivel IIB la cerámica es de coloración variada y presenta una decoración escasa y repetitiva, mientras que en el subnivel IIC predomina la cerámica lisa. En el nivel III se ha recuperado poco material arqueológico y no es posible adscribir este nivel a ningún periodo cultural (Arribas Pastor y Berganza Gochi, 2018).

Los restos de fauna están representados por animales domésticos (ovicaprinos, bovinos y porcinos), con una evidencia ocasional de animales salvajes (jabalí, ciervo, corzo y zorro), peces y moluscos (Arribas Pastor y Berganza Gochi, 2018). Con respecto a la microfauna, hay una menor representación que la observada en la macrofauna, posiblemente debido a que los restos de microvertebrados suelen ser acumulados por depredadores nocturnos (Suárez et al., 2018). Entre estos destacan los taxones *Apodemus sylvaticus-flavicollis* y *Anguis fragilis* en los subniveles IIB y IIC y el nivel III, que indican unas condiciones climáticas cálidas y húmedas, similares a las actuales (Suárez et al., 2018).

En el caso de los restos humanos, en el primer periodo de excavaciones se recuperaron 25 restos óseos, que están registrados en el diario de excavación (Aranzadi et al., 1935). Sin embargo, no hay información fiable acerca de donde se recuperaron ni de las posibles conexiones con otros restos (García-Sagastibelza et al., 2020a). Varios restos humanos de esa intervención se estudiaron en detalle: un cráneo y una mandíbula pertenecientes a un individuo subadulto y cinco restos adicionales (Aranzadi, 1929; Aranzadi et al., 1935). El Arkeologi Museoa (centro depósito de esta colección) no dispone de estos restos entre sus fondos, y no se conoce la localización exacta de estos restos. Una fíbula recuperada en esta excavación fue datada por radiocarbono y arrojó una cronología de 6.122 ± 38 B.P. (4.724-4.523 cal B.C.E.), con una adscripción al Mesolítico

o al Neolítico Inicial (Arias Cabal, 2012b). Los análisis isotópicos indicaron un alto nivel de consumo de alimento marino o de proteínas animales (Arias Cabal, 2012b; Arias y Cubas, 2018).

Durante el segundo periodo de excavaciones solamente se recuperaron seis restos humanos. Cuatro de ellos provienen del nivel II, donde se han recuperado restos de cerámica asignada al Neolítico y a la Edad de Bronce debido a la similitud observada con el material recuperado en Santimamiñe (Barandiarán, 1966). En cambio, no se conoce la procedencia estratigráfica de los otros dos restos.

Por último, durante el periodo de excavación más reciente se recuperaron 175 restos humanos. 108 restos óseos se encontraron en el subnivel IIC (adscripción al Neolítico Final), 55 en el subnivel IIB (Calcolítico-Edad de Bronce) y seis en el subnivel IIA (Época Romana y Moderna). Otros seis restos no tiene un contexto estratigráfico preciso (García-Sagastibelza et al., 2020a). El estudio se ha realizado combinando los restos recuperados en las tres intervenciones arqueológicas.

2.1.4 El Mirador (Sierra de Atapuerca, Burgos)

El yacimiento de El Mirador está localizado en el lado más al sur de la Sierra de Atapuerca, a una altura de 1033 m.s.n.m y cerca del municipio de Ibeas de Juarros (Burgos) y del río Arlanzón, en el norte de la meseta central de la península ibérica (Figura 2.6, Ceperuelo et al., 2015; Vergès et al., 2016).

El hundimiento de gran parte de la bóveda de la cueva ha provocado que la entrada actualmente presente una morfología de abrigo, con unas dimensiones de 23 m de ancho, 4 m de altura y 15 m de profundidad (Bañuls-Cardona et al., 2013; Vergès et al., 2016). Sin embargo, el aspecto actual de la entrada es similar al que tenía durante la Edad de Bronce (López-García et al., 2007; Expósito y Burjasch, 2016).

La cueva fue excavada por primera vez en 1970 por el grupo espeleológico Edelweiss, que se reanudó en 1999 por el grupo de investigación de Atapuerca, y que en la actualidad sigue vigente (Bañuls-Cardona et al., 2013; Vergès et al., 2016). Antes de retomarse las excavaciones, la acción de excavadores clandestinos afectó al extremo norte del yacimiento, a una zona de aproximadamente 20 m² (Vergès et al., 2002; Gómez Sánchez et al., 2014).

Desde el año 1999 hasta el 2008 se excavó un área de aproximadamente 6 m² cerca de la entrada de la cueva, concretamente en la zona central del lado oeste de la

parte de la cueva que preservaba la bóveda (Cabanes et al., 2009; Vergès et al., 2016). Esto permitió reconstruir una secuencia estratigráfica de 24 niveles adscritos al Holoceno y dos niveles adscritos al Pleistoceno (Carrancho et al., 2009; Martin et al., 2014). Esta secuencia mide 20 m de longitud, de los cuales 14 m pertenecen a los niveles adscritos al Pleistoceno y 6 m al Holoceno (MIR24 a MIR1) (Vergès et al., 2016).

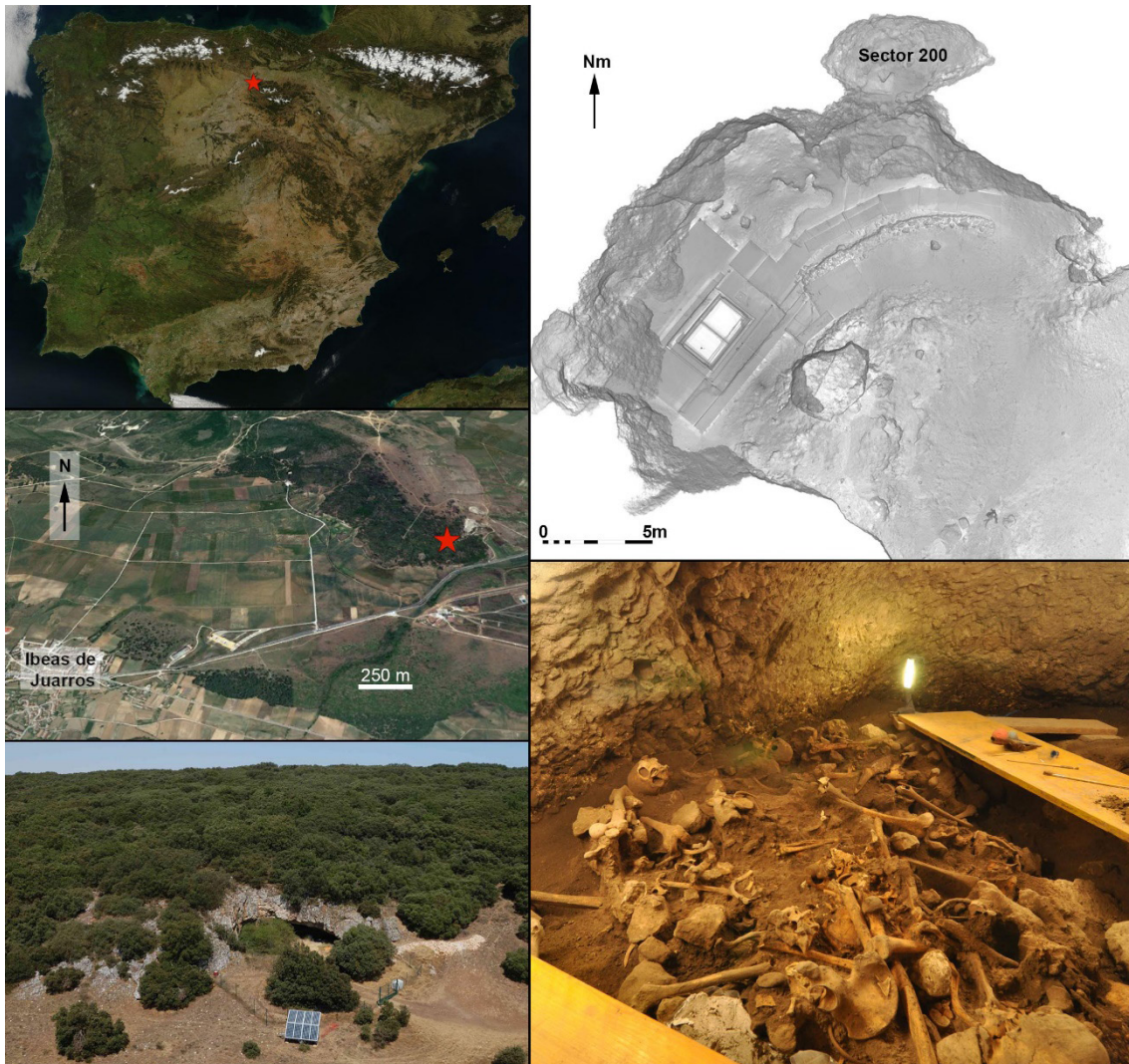


Figura 2.6. Desde arriba hasta abajo y desde la izquierda hasta la derecha: Localización de la Sierra de Atapuerca dentro de la península ibérica; localización del yacimiento de El Mirador dentro de la Sierra de Atapuerca con respecto a la localidad de Ibeas de Juarros; vista de la entrada del yacimiento; localización del Sector 200 dentro del mismo yacimiento; vista general de la acumulación de restos humanos en dicho sector.

Diversas dataciones por radiocarbono revelan que la secuencia holocénica sucede entre el Neolítico Inicial (MIR24 hasta MIR6) y la Edad de Bronce (MIR4 hasta MIR3A), estando el nivel MIR5 sin ocupar (Figura 2.7, Vergès et al., 2008; Expósito y Burjasch, 2016). Los restos humanos recuperados en esta zona corresponden a un mínimo de 6 individuos, de ambos sexos y diferentes rangos de edad de muerte, y que han sido datados en 4.400-4.100 cal B.P., por lo que corresponden a la cultura de la Edad de Bronce Inicial (nivel MR4; Ceperuelo et al., 2014; Modesto-Mata et al., 2015).

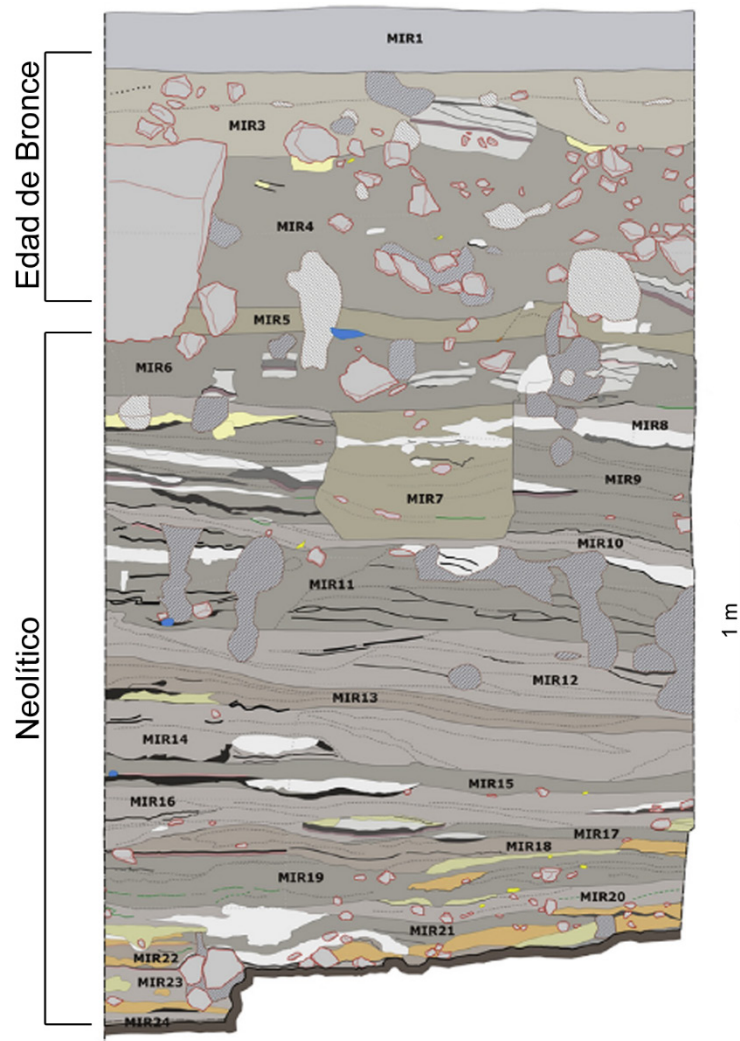


Figura 2.7. Secuencia estratigráfica observada en el yacimiento de El Mirador, indicando su adscripción cronológica (modificado de Expósito y Burjasch, 2016).

Estos restos óseos destacan por haber sido canibalizados y apartados como si fueran desecho, hasta volver a ser enterrados de nuevo por otro grupo durante la Edad de Bronce Medio o Tardío (Cáceres et al., 2007; Gómez Sánchez et al., 2014). Un nuevo estudio realizado sobre estos mismos restos ha encontrado patrones repetitivos de marcas de corte en las copas craneales (sobre todo en la parte superior), indicando la remoción del cuero cabelludo y de los músculos. Este procedimiento mostraría una preparación de los cráneos para una posible ritualización, con la finalidad de preservar las copas craneales en contextos de canibalismo (Marginedas et al., 2020).

A partir del 2009 se han estado excavando dos nuevas zonas cercanas a la pared del yacimiento. En el sector 100, que se encuentra en la esquina noroeste de la cueva, se encontró un enterramiento formado por un único individuo (Martin et al., 2014). Este individuo es un hombre joven que tiene una cronología de 3.340 ± 30 B.P (3.670-3.470 cal B.P.), por lo que está adscrito a la Edad de Bronce Medio (Vergès et al., 2016). En

el sector 200, que está situado en la esquina noreste formando una pequeña cavidad llamada El Laminador, se recuperaron un número relevante de individuos de todos los rangos de edad y ambos sexos en un enterramiento colectivo (Figura 2.6). Esta zona fue afectada por las acciones de los excavadores clandestinos (Gómez Sánchez et al., 2014). Los estudios de Lozano et al. (2017, 2021) de maxilares y mandíbulas, han determinado la presencia de un número mínimo de 24 individuos, siendo 19 adultos (11 hombres, 5 mujeres y 3 indeterminados) y 5 subadultos. En el estudio de Yustos et al. (2020) se han determinado un mínimo de 28 individuos (23 adultos, 2 juveniles y 2 infantiles) a partir del atlas (primera vértebra cervical). El estudio de ADN de Mathieson et al. (2015) ha determinado la presencia de 8 hombres y 6 mujeres en la muestra estudiada, habiendo relación de parentesco entre algunos de los individuos. Dos de los individuos han sido datados en 4.000 ± 30 B.P. (4.550-4.390 cal B.P.) y 4.120 ± 30 B.P. (4.880-4.480 cal B.P.), por lo que están adscritos al Calcolítico (Gómez Sánchez et al., 2014; Vergès et al., 2016). A pesar de que algunos de los individuos estaban en posición anatómica, los restos óseos superficiales estaban mezclados y afectados por la remoción de los excavadores clandestinos (Ceperuelo et al., 2015; Modesto-Mata et al., 2015). Esta tesis se va a centrar en el estudio de los huesos largos de individuos adultos de este último sector, aquellos que están adscritos a la cultura calcolítica.

Estudios de ADN mitocondrial (mtDNA) realizados en este enterramiento colectivo han indicado que estos individuos tienen una composición única y diferente de poblaciones de la cultura campaniforme del Calcolítico y de poblaciones modernas de la península ibérica. Sin embargo, estos mostrarían similitudes con poblaciones del oeste y centro de Europa del Neolítico Medio y Final y grupos de Oriente Próximo (Gómez Sánchez et al., 2014). Por otro lado, el estudio de ADN antiguo (aDNA) ha mostrado que estos individuos son genéticamente similares a poblaciones ibéricas del Neolítico Medio (Mathieson et al., 2015).

En este yacimiento también se han realizado varios estudios sobre la morfología y patología dentales. Destaca un individuo, denominado individuo 4, que presenta un cuarto molar en su mandíbula que no está relacionado con ninguna dolencia o enfermedad. Sin embargo, sí presenta otras patologías relacionadas con el modo de vida de las poblaciones del Calcolítico, como pulpitis, caries o la aparición de artritis en la articulación temporomandibular (Ceperuelo et al., 2015). Este mismo individuo también presenta muestras del uso cultural de los dientes anteriores (incisivos y caninos), tales como el astillado del esmalte, el esmalte pulido y estriaciones vestibulo-linguales en la cara oclusal (Lozano et al., 2017).

A su vez, en esta colección calcolítica se ha estudiado la presencia de la enfermedad

articular degenerativa u osteoartritis (DJD). La presencia de esta dolencia no es muy alta entre los individuos, si bien se ha observado en mayor medida en el grupo adulto, por lo que su aparición podría estar correlacionada con la edad. Además, la prevalencia es mayor en las vértebras lumbares. El grado de degeneración vertebral es baja, aunque en conjunto hace entrever que algunos de los individuos pudieron haber padecido la enfermedad (Yustos et al., 2020).

Por otro lado, se han encontrado numerosas evidencias arqueo-paleontológicas en todas las zonas excavadas, que van a ser comentadas de manera sintética. El análisis polínico indica la predominancia de plantas herbáceas como gramíneas o asteráceas tanto en el nivel Neolítico como el nivel de la Edad de Bronce (Cabanés et al., 2009). A nivel arbóreo, tanto el estudio polínico como el de carbón vegetal muestran una mayor presencia de los pinos (*Pinus spp.*), los robles (*Quercus caducifolia*), las encinas (*Quercus ilex-coccifera*), los avellanos (*Corylus*) y los enebros (*cf. Juniperus*) entre otros (Vergès et al., 2008; Cabanés et al., 2009). Además, también se ha podido determinar la presencia de los sauces (*Salix spp.*), los olmos (*Ulmus*) y los alisos (*Alnus*) en zonas de ribera y los abedules (*Betula*) en zonas de montaña. En el caso del estrato de la Edad de Bronce, el estudio de fitolitos indica una mayor presencia de monocotiledones frente a una baja representación de dicotiledones. En el estudio de las semillas del mismo estrato, se ha detectado la presencia de plantas cultivadas como cereales (p. ej., *Triticum aestivum/durum*, *Triticum dicoccum* y *Hordeum vulgare*) y leguminosas (p. ej., *Pisum sativum*: guisantes), indicando una predominancia de los cereales frente a la cebada en el primer grupo (Cabanés et al., 2009; Rodríguez et al., 2016).

Estos datos indican que el paisaje estaba formado por campos de cultivo, tierra de pastoreo y áreas forestales, con una transformación marcada por la intensificación de la actividad humana y los cambios climáticos sucedidos durante el Holoceno medio (Vergès et al., 2016). El entorno de El Mirador estaría formado por diversos biotopos, ya que los restos encontrados probarían la presencia predominante de paisajes abiertos como los campos de cultivos cerca de la cueva, seguidos de áreas forestales (zonas frescas y de suelos profundos), áreas de sierra (zona de suelos calcáreos), áreas de ribera (zona de cauces fluviales) y áreas de montaña (Cabanés et al., 2009; Vergès et al., 2016).

Dentro de la fauna, se observa la presencia tanto de macrovertebrados como microvertebrados. En el primer caso, predomina la presencia de los taxones domésticos, especialmente los ovicaprinos como la oveja (*Ovis aries*) y la cabra (*Capra hircus*), durante el Neolítico y la Edad de Bronce (Vergès et al., 2016). Destaca la alta representación de individuos inmaduros, que puede indicar que los individuos se dedicaban a la explotación primaria y láctea de este taxón (Vergès et al., 2008; Martín et al., 2009), y usaban la

cueva para su cría y parto (Martín et al., 2016a; Vergès et al., 2016). En menor medida aparecen representados los bóvidos (*Bos taurus*) y los suidos (*Sus domesticus*), siendo la explotación de los primeros complementaria a la de los ovicaprinos, tomando mayor importancia durante la Edad de Bronce (Martín et al., 2009; Vergès et al., 2016). La presencia de équidos no era muy significativa, aunque se ha podido observar que abundaron más durante la Edad de Bronce (Martín et al., 2016b; Vergès et al., 2016).

También se han recuperado restos de cánidos (*Canis familiaris*) y otros carnívoros de pequeño tamaño como zorros (*Vulpes vulpes*), tejones (*Meles meles*) y gatos salvajes (*Felis silvestris*) en un contexto doméstico, junto a restos de ovicaprinos, bovinos y herbívoros salvajes (Martín et al., 2014). Su consumo podría haber sido esporádico y no habría sido relevante para la subsistencia de la población, aunque el consumo de los cánidos se habría repetido en diversas ocasiones entre el Neolítico y la Edad de Bronce (Martín et al., 2014). Por último, también se encuentran, en proporciones bajas, ungulados salvajes como ciervos, corzos, lagomorfos y aves (Vergès et al., 2008; Martín et al., 2009). El consumo de animales cazados podría haber desempeñado un papel secundario en el modo de vida de la población del yacimiento, de forma accidental o como forma de proteger al ganado (Martín et al., 2009; Vergès et al., 2016).

En el caso de los microvertebrados, se han encontrado especies de roedores, insectívoros, quirópteros y anuros en los niveles holocénicos, destacando en general los roedores *Apodemus sylvaticus*, *Microtus arvalis* o *Microtus agrestis* y los insectívoros *Crocidura russula* y *Sorex coronatus* entre otros (López García et al., 2007). La proporción de distintos microvertebrados ha permitido observar que en el Neolítico hubo intervalos de tiempos con temperaturas similares o ligeramente superior a las actuales y más frías, mientras sucedía un retroceso progresivo de los bosques a medida que iban predominando los paisajes abiertos (López García et al., 2007; Bañuls-Cardona et al., 2017). A finales del Neolítico comienza a estabilizarse la temperatura, mientras sigue el retroceso de los bosques y el aumento de los espacios abiertos húmedos hasta la Edad de Bronce, tal vez potenciado por la práctica de la agricultura de las poblaciones que habitaban en la cueva (Bañuls-Cardona et al., 2017). En la Edad de Bronce, en cambio, predominarían los espacios abiertos secos frente a los espacios húmedos, que podría estar asociado por el impacto humano o por un pequeño descenso en las precipitaciones. En este periodo, las temperaturas serían similares o ligeramente inferiores a las actuales, que indican el inicio del clima mediterráneo.

Como curiosidad merece destacar la presencia de una tafocenosis (agrupación de restos orgánicos transportados y autóctonos que fueron enterrados juntos y que se terminan fosilizando; Fernández López, 2000) de restos de microvertebrados cerca del

enterramiento calcolítico. Se han contabilizado un total de 12 taxones diferentes (urodelos, anuros, escamosos y roedores), donde destaca la especie anfibia *Hyla molleri* (rana arborícola) con el 84% de la representación total. Esta tafocenosis ha sido posiblemente generada por la depredación oportunista de un ave de presa como diversas especies de búhos (Bisbal-Chinesta et al., 2020).

Los niveles inferiores del Neolítico son los que contienen la mayor abundancia de la industria lítica (Vergès et al., 2016), donde destaca la utilización del sílex, seguido de las areniscas y las cuarcitas entre otros como materia prima (Vergès et al., 2006, 2008). Se han encontrado láminas, muescas, denticulados y segmentos circulares (Vergès et al., 2016). En los niveles de la Edad de Bronce, en cambio, solamente se han encontrado algunas láminas retocadas y tres dientes de hoz. El único representante de la industria ósea es un punzón sin base y una esquirla apuntada en los niveles de la Edad de Bronce (Vergès et al., 2002). En el caso de la cerámica, también se han recuperado más restos en el Neolítico que en la Edad de Bronce, donde se aprecia un predominio de los galbos frente a otro tipo de morfologías (Vergès et al., 2008). La mayor parte de la colección presenta formas simples (p. ej., formas globulares y cuencos de paredes) y lisas sin ninguna decoración, excepto en los niveles inferiores, donde los restos presentan alguna decoración (Vergès et al., 2008, 2016).

En general, todos los restos arqueo-paleontológicos recuperados en el yacimiento indican que, durante 4.000 años, éste fue utilizado como habitación, sepulcro y corral de ganado, donde usaban el entorno cercano a la cueva como campo de cultivo de cereales y leguminosas (Martín et al., 2009; Vergès et al., 2016).

2.2 MUESTRAS COMPARATIVAS

En este apartado se van a enumerar de manera sucinta las diferentes muestras comparativas que se van a usar en cada uno de los bloques principales de este trabajo. En cada uno de los bloques se proporcionará información detallada de los mismos. A modo síntesis, en la Tabla 2.1 se incluyen los materiales y las metodologías utilizadas en cada una de las secciones.

Tabla 2.1. Resumen del material y la metodología utilizadas en cada bloque de estudio.

Yacimiento	Centro depósito	Huesos estudiados	Dataciones por radiocarbono (NME)	Estudio antropológico			Estudio biomecánico		
				NME	Estudio	Metodología	NME	Estudio	Metodología
Abittaga	Arkeologi Museoa	32	1	7	Edad de muerte	FE	-	-	-
				9	Sexo	<i>K-means</i>			
				6/3	Estatura	Mc/Mt			
Atxuri-I	Arkeologi Museoa	244	2	9	Edad de muerte	DD/FE/ECD	1	Biomecánica	PV
				5/8	Sexo	FD/ <i>K-means</i>			
				1/8	Estatura	F/Mt			
				1	Masa corporal	F			
Lumentxa	Arkeologi Museoa	213	6	10*	Edad de muerte	DD/FE/ECD	2	Biomecánica	PV
				1/1/1	Sexo	F/H/M			
				1	Estatura	F			
				1	Masa corporal	F			
El Mirador	IPHES	115	2	31F 33T 22H	Sexo	<i>K-means</i>	31F 33T 22H	Biomecánica	PS
				31/33	Estatura	F/T			
				31	Masa corporal	F	10H	Asimetría	AD/AA

*Uno de los restos pertenece a un individuo que no se encuentra en la colección.

ECD: erupción y calcificación dental; DD: desgaste dental; FE: fusión de las epífisis.

FD: función discriminante.

F: fémur; T: tibia; H: húmero; Mc: metacarpiano; Mt: metatarsiano; M: mandíbula.

PV: parámetros verdaderos; PS: parámetros sólidos.

AD: asimetría direccional; AA/AM: asimetría absoluta/asimetría máxima.

2.2.1 Cronología del uso funerario en cuevas en la vertiente atlántica de los Pirineos Occidentales durante el Mesolítico y la Prehistoria Reciente

En este bloque, las muestras comparativas van a ser las dataciones por radiocarbono de restos humanos recuperados en cuevas en las provincias de Gipuzkoa, Bizkaia, el Bearn y el norte de Navarra (vertiente atlántica de los Pirineos occidentales). Estos datos se compararán con: 1) dataciones de restos humanos en estructuras megalíticas en la provincia de Gipuzkoa (Merino, 1991; Mujika, 2007-2009, 2017; Mujika y Edeso, 2011; Fernández-Crespo et al., 2016). El desglose de los yacimientos podrá verse en el apartado de resultados.

2.2.2 Estudio antropológico de los restos humanos de los yacimientos de Abittaga, Atxuri-I y Lumentxa (Bizkaia) y El Mirador (Sierra de Atapuerca, Burgos)

Dentro de este bloque, las muestras comparativas van a ser diferentes en función de la información paleobiológica que se esté contrastando.

2.2.2.1 Número mínimo de individuos, edad de muerte y sexo

El número mínimo de individuos, la edad de muerte o el sexo de los individuos pueden ser comparados con la información recopilada de los yacimientos localizados en las provincias de Gipuzkoa, Bizkaia, el Béarn y el norte de Navarra. Al mismo tiempo, aspectos como la edad de muerte y el sexo también pueden ser contrastados con la información que pueden aportar las estructuras megalíticas de la provincia de Gipuzkoa. Esta posible comparación con yacimientos y estructuras megalíticas va a permitir contrastar de mejor manera los resultados paleobiológicos que se puedan obtener.

2.2.2.2 Estatura y masa corporal

La estatura y la masa corporal no suelen estimarse en los estudios antropológicos de yacimientos del norte de la península ibérica, ya que se han centrado en otros aspectos (ajuares, cronología, edad de muerte, aspectos demográficos). Por ello, para tener un adecuado marco comparativo, se han incorporado los datos encontrados en otros yacimientos de la península ibérica. A su vez, como nuestras muestras de estudio no presentan la misma cronología, también hay que tener en consideración que las muestras de comparación han de abarcar un rango más amplio dentro de la Prehistoria Reciente.

Por tanto, en este estudio se va a presentar material procedente de diversas regiones de la península ibérica y de diversas cronologías del Holoceno, de forma que la comparación pueda realizarse con un mayor número de opciones. La información más detallada acerca de los yacimientos estudiados puede verse en la Tabla 2.2.

2.2.3 El estudio de las propiedades geométricas en secciones de los huesos largos de yacimientos de la Prehistoria Reciente del norte de la península ibérica

En este bloque, el estudio de la biomecánica se va a dividir en dos grupos. De esta manera, los yacimientos de Atxuri-I y Lumentxa, geográficamente cercanos, van a estudiarse de la misma manera.

Tabla 2.2. Lista de yacimientos utilizados para la comparación de las variables de la estatura y masa corporal.

Número	Yacimiento	País	Provincia	Adscripción cronológica	Estatura			Masa corporal		Referencia
					Hombres (n)	Mujeres (n)	Indeterminados (n)	Hombres (n)	Mujeres (n)	
1	Moita de Sebastiao	Portugal	-	Mesolítico	8	1		4	1	Ruff y Garvin, 2018
2	Muge Arruda	Portugal	-	Mesolítico						Ruff y Garvin, 2018
3	Los Canes	España	Cantabria	Mesolítico						Ruff y Garvin, 2018
4	Caño Bajo	España	Córdoba	Neolítico		1	1			Varela Pérez, 2013
5	Cerro Ortega	España	Ciudad Real	Neolítico	1	1				Feucht et al., 1999
6	Lumentxa	España	Biscay	Neolítico	1			1		García-Sagastibelza et al., 2020a
7	San Juan Ante Portam Latinam	España	Álava	Neolítico	20			3		Vegas et al., 2007; Este estudio
8	Segudet	España	Ordino	Neolítico		1				Yáñez et al., 2002
9	Abauntz	España	Navarra	Calcolítico	4	4				Utrilla et al., 2007, 2013-2014
10	Camino de las Yéseras	España	Madrid	Calcolítico	2	3				Aliaga Almela, 2012
11	Camino del Molino	España	Murcia	Calcolítico	*	*				Haber Uriarte et al., 2011
12	Cerro de la Cabeza	España	Ávila	Calcolítico	4	1				Fabian Garcia and Blanco González, 2012; Alonso Sambade, 2013-2014
13	El Perdido	España	Madrid	Calcolítico	*	*				Sonlleva-Jimenez et al., 2012; Serio Tejero et al., 2018
14	Humanajos	España	Madrid	Calcolítico	2	1				Aliaga Almela, 2012
15	Cueva de Juan Barbero	España	Madrid	Calcolítico	1	3				Aliaga Almela, 2012

Número	Yacimiento	País	Provincia	Adscripción cronológica	Estatura			Masa corporal		Referencia
					Hombres (n)	Mujeres (n)	Indeterminados (n)	Hombres (n)	Mujeres (n)	
16	Magdalena I	España	Madrid	Calcolítico	1					Cabrera-Jimenez et al., 2012
17	El Mirador	España	Burgos	Calcolítico	12 F* 17 T	19 F 12 T		12	19	Este estudio
18	Txotxinkoba	España	Bizkaia	Calcolítico	4	4				García-Sagastibelza et al., 2020b
19	Terrera del Reloj	España	Granada	Edad de Bronce						Ruff y Garvin, 2018
20	Castellón Alto	España	Granada	Edad de Bronce	17	16		16	16	Ruff y Garvin, 2018
21	Abittaga	España	Bizkaia	Edad de Bronce		1				Ríos-Garaizar et al., 2020
22	Atxuri-I	España	Bizkaia	Edad de Bronce		1			1	García-Sagastibelza et al., 2020b
23	Casero de Perales	España	Madrid	Edad de Bronce	1	2				Aliaga Almela, 2012
24	Cerro de la Encina	España	Granada	Edad de Bronce	3 F* 3 T	3 F 3 T				Jimenez Brobeil y Sanchez, 1989-90
25	Cova de Montanissell	España	Lleida	Edad de Bronce	1	2				Armentano et al., 2014
26	Galería del Sílex	España	Burgos	Edad de Bronce	1	2				Galera Olmo, 1987
27	La loma del lomo	España	Guadalajara	Edad de Bronce	4					Aliaga Almela, 2012
28	Los Berrocales	España	Madrid	Edad de Bronce	4	3				Aliaga Almela, 2012
29	Motilla del Azuer	España	Ciudad Real	Edad de Bronce	-	-		-	-	Martín-Flórez, 2010; Nájera et al., 2010, 2012
30	Soto del Henares	España	Madrid	Edad de Bronce	1					Aliaga Almela, 2012

F=fémur; T= tibia.

Por otro lado, El Mirador, con mayor número de muestra, va a ser analizada más detenidamente. En modo general, se han seleccionado muestras de un rango amplio de periodos, abarcando desde el Paleolítico Superior hasta la Edad Media.

2.2.3.1 Atxuri-I y Lumentxa

El individuo de Atxuri-I y el individuo de Lumentxa van a ser comparados frente a la misma muestra. El individuo de Atxuri-I está únicamente representado por un fémur, mientras que el de Lumentxa presenta un fémur y un húmero. Tal y como se explicará más adelante, en este yacimiento se van a usar como parámetros biomecánicos el porcentaje del área cortical (CA%) y la sección polar modular (Z_p), por lo que los datos que se van a aportar serán con respecto a estos parámetros.

La mayor diferencia entre ambos yacimientos es que el fémur de Atxuri-I (por determinación de sexo indefinida) va a ser comparado tanto con muestras comparativas masculinas como femeninas, mientras que para el fémur de Lumentxa se usará solamente la muestra comparativa masculina. Esta muestra comparativa presenta colecciones adscritas al Mesolítico, Edad de Bronce y Edad Media Inicial de la península ibérica (Ruff y Garvin, 2018). Además, se han utilizado como complemento muestras del Paleolítico Superior, así como del Mesolítico, Neolítico, Edad de Bronce y Edad de Hierro/Época Romana procedentes de Francia e Italia (Holt et al., 2018a). Por último, de forma inédita, se va a usar la muestra medieval francesa de Jau-Dignac-et-Loirac. Esta muestra está datada en el siglo VII-VIII, localizada en la comuna de Jau-Dignac-et-Loirac, cerca del estuario del Gironde (Nueva Aquitania, Francia: Cartron y Castex, 2006, 2010, Deguilloux et al., 2014; d’Incau et al., 2015). Los resultados obtenidos con esta muestra comparativa van a publicarse de forma inédita en esta Tesis Doctoral. El desglose de la muestra comparativa puede verse en el Apéndice A (Tabla S1) y en las Figuras 2.8 y 2.9.

En el caso del húmero, las muestras comparativas usadas están compuestas por los mismos yacimientos que en el apartado de los fémures. No obstante, el material comparativo va a estar formado únicamente por las muestras masculinas del lado derecho, debido a que el húmero es de ese mismo lado. La muestra comparativa utilizada se puede ver en el Apéndice A (Tabla S2) y en las Figuras 2.8 y 2.9.

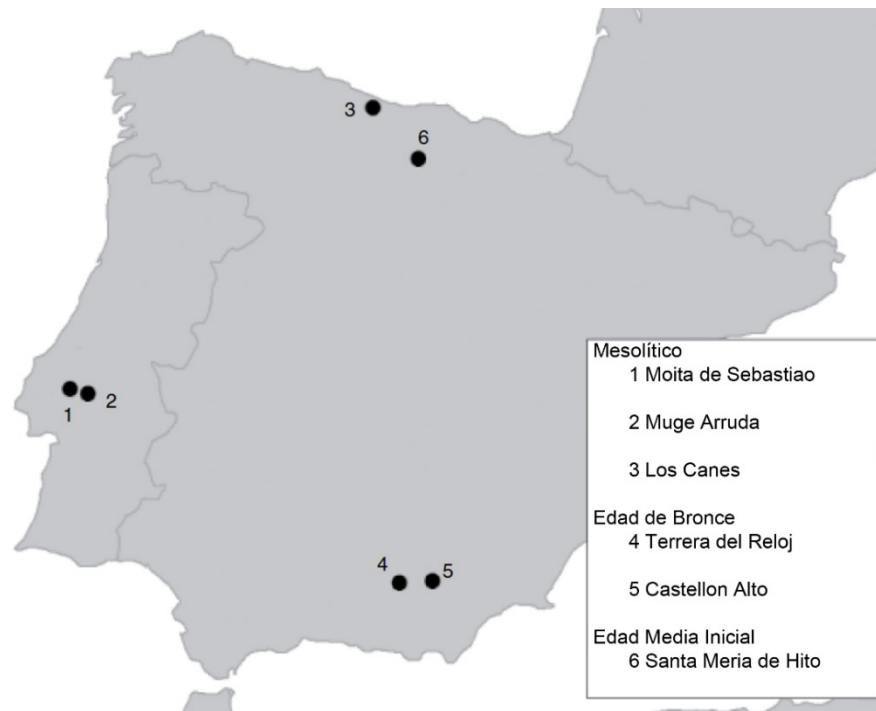


Figura 2.8. Localización de los yacimientos usados como muestra de comparación de la península ibérica utilizados en el estudio biomecánico de Atxuri-I y Lumentxa (modificado de Ruff y Garvin, 2018).

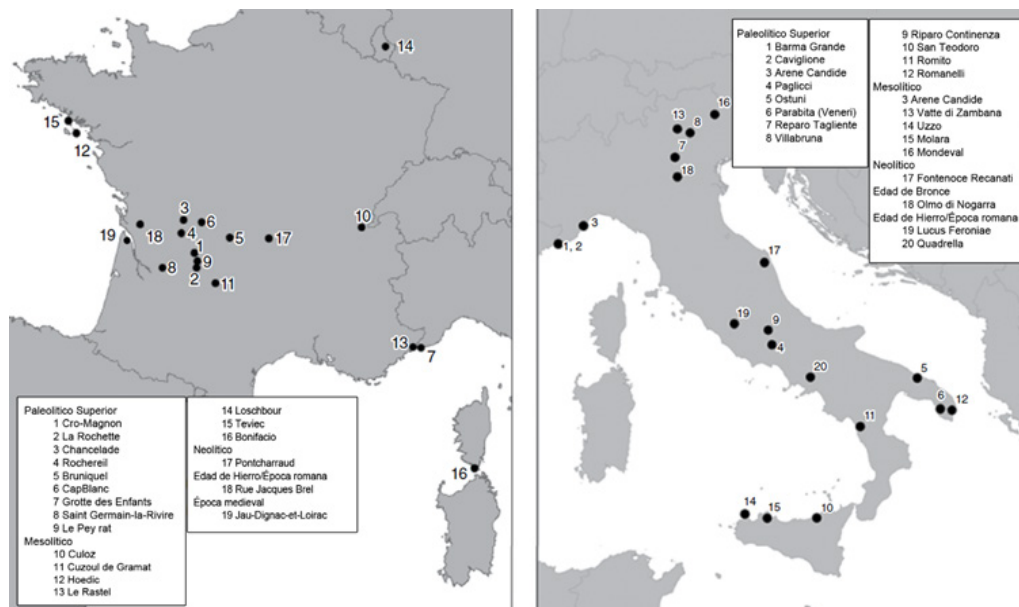


Figura 2.9. Localización de los yacimientos usado como muestra de comparación de Francia e Italia utilizados en el estudio biomecánico de Atxuri-I y Lumentxa (modificado de Holt et al., 2018a).

2.2.3.2 El Mirador

En el caso de los restos calcolíticos de El Mirador, las muestras comparativas son diferentes a las usadas en Atxuri-I y Lumentxa, debido a que la metodología de estudio es distinta.

Por un lado, se van a usar muestras de cronología neolítica y calcolítica de Italia como comparación (Parkinson, 2020), debido a que la colección de estudio es de cronología calcolítica. A su vez, también se van a usar como comparación muestras de diferentes cronologías, pasando desde el Paleolítico Superior hasta la Edad Media (desde el Mesolítico hasta la Edad Media en el caso de los húmeros), localizadas en Francia e Italia (Holt et al., 2018a). Por otro lado, también se ha añadido alguna muestra de Suiza y Rumania (Ruff y Holt, 2018). El desglose de todo el material comparativo puede verse en el Apéndice A (Tablas S3, S4, S5 y S6) y en las Figuras 2.10 y 2.11.



Figura 2.10. Localización de los yacimientos neolíticos y calcolíticos utilizados por Parkinson (2020) que van a servir como muestra comparativa para el estudio biomecánico de El Mirador (modificado de Parkinson, 2020). El desglose de las muestras puede observarse en el Apéndice A (Tablas S3, S5 y S6).

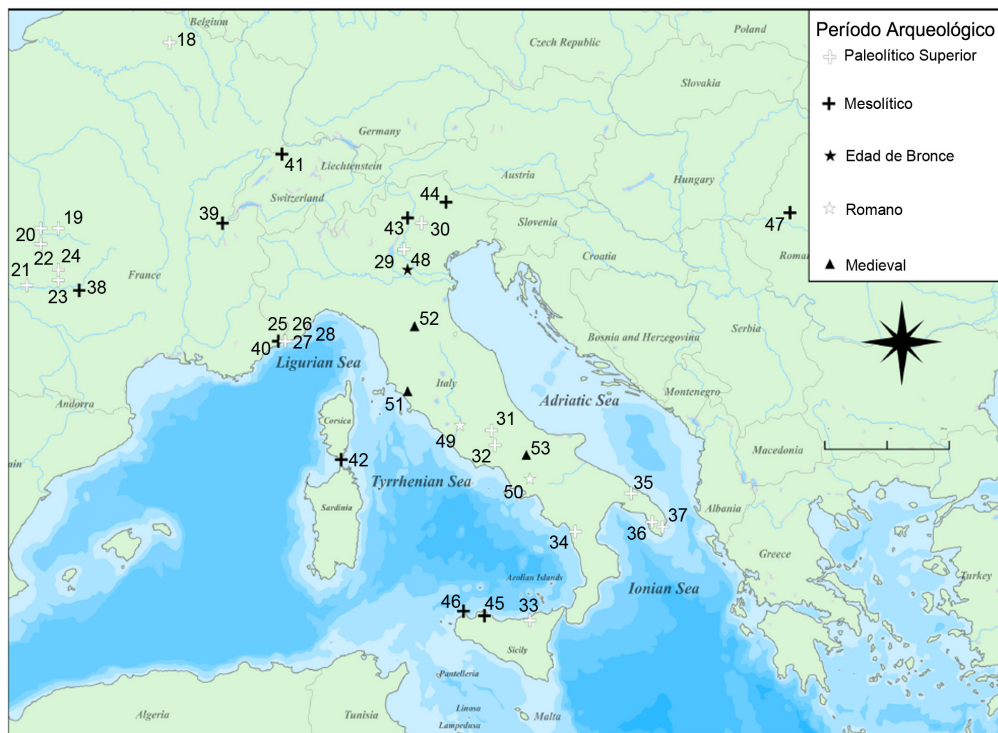
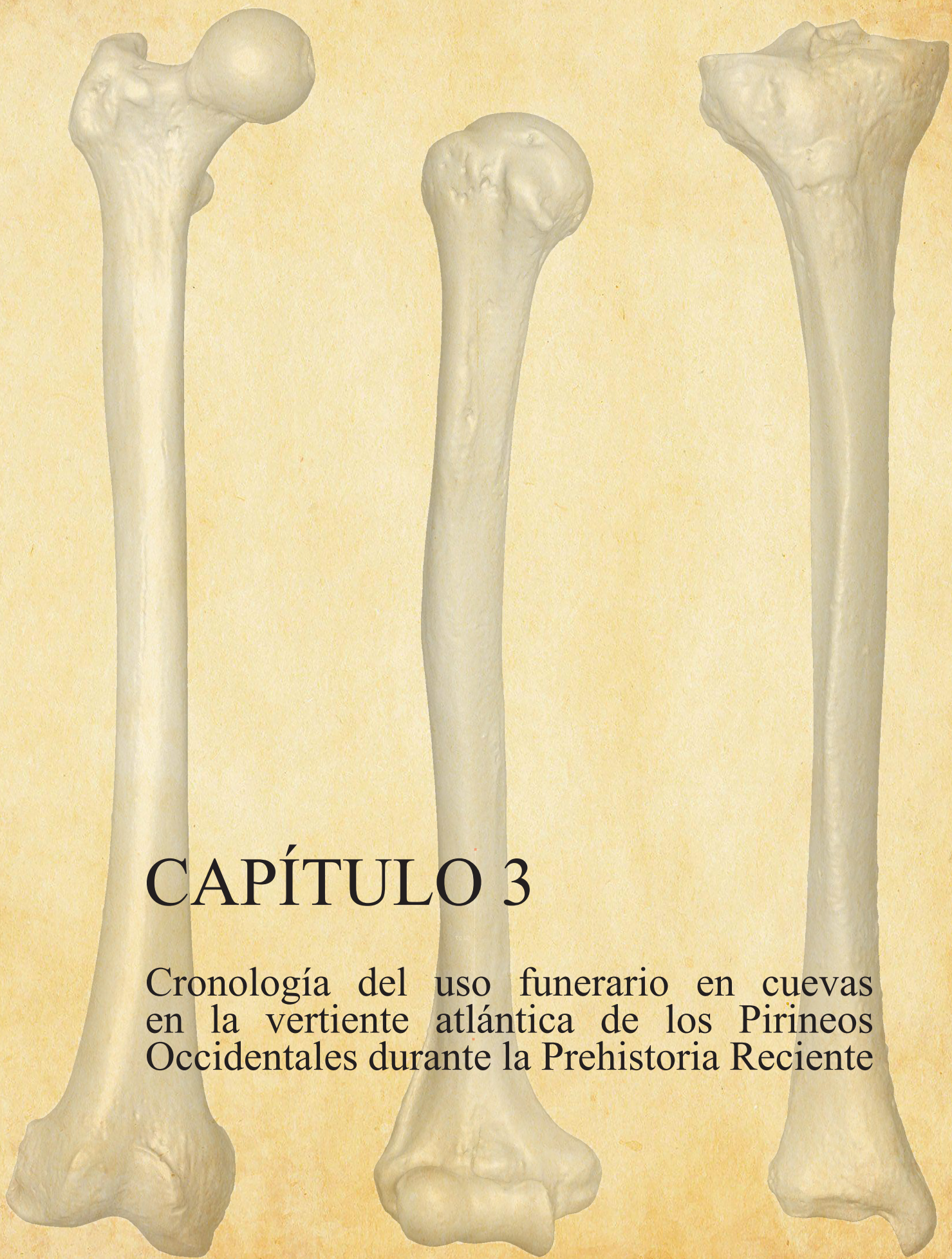


Figura 2.11. Localización de los yacimientos de diferentes periodos de la Prehistoria Reciente que se van a usar en el estudio biomecánico de El Mirador (modificado de Parkinson, 2020). El desglose de las muestras puede observarse en ln el Apéndice A (Tablas S4, S5 y S6).



CAPÍTULO 3

Cronología del uso funerario en cuevas en la vertiente atlántica de los Pirineos Occidentales durante la Prehistoria Reciente

ÍNDICE

3.1- INTRODUCCIÓN.....	61
3.1.1- El radiocarbono y su importancia en la arqueología y en la paleontología.....	61
3.1.1.1-Isótopos del Carbono y semivida del ^{14}C	61
3.1.1.2-Calibración de las dataciones radiocarbónicas.....	63
3.1.1.3-Calibración de muestras de origen marino.....	65
3.1.2-Dataciones directas de restos humanos en Pirineos occidentales.....	67
3.2-OBJETIVOS.....	67
3.3-MATERIAL.....	68
3.4-METODOLOGÍA.....	68
3.4.1-Selección de las muestras.....	68
3.4.2-Calibración de las dataciones.....	70
3.5-RESULTS.....	71
3.5.1-Direct dates.....	71
3.5.2- Direct dates on human remains from the Atlantic Western Pyrenees.....	73
3.6-DISCUSSION.....	77
3.6.1- Dates in human remains in AWP.....	77
3.6.2- Chronological context in AWP.....	85
3.6.3- Chronological context in nearby regions.....	92
3.6.4- Additional parallels in the Iberian Peninsula.....	93
3.7-CONCLUSIONS.....	94

3.1 INTRODUCCIÓN

3.1.1 *El radiocarbono y su importancia en la arqueología y en la paleontología*

El método de datación por radiocarbono fue ideado por Willard Libby en la Universidad de Chicago a finales de la década de los 40 (Libby et al., 1949; Alves et al., 2018), lo que le condujo a ser galardonado con el Premio Nobel de Química en 1960 (Peyroteo, 2016). La datación por radiocarbono se basa en la semivida del Carbono 14 (5.730 años), que puede utilizarse hasta hace aproximadamente 50.000 años de antigüedad (Fallon, 2011).

Este método tiene diversas utilidades en el mundo de la arqueología y de la Paleontología de Cuaternario, entre otras disciplinas (Fallon, 2011; Peyroteo, 2016). En él se utilizan diversos tipos de materiales, ya sea huesos, carbones, conchas y polen, entre otros, siempre y cuando contengan carbono (p. ej., Muñoz Salvatierra y Berganza, 1997; Fernández-Eraso y Mujika Alustiza, 2013; Gómez-Olivencia et al., 2014, 2015).

3.1.1.1 Isótopos del Carbono y semivida del ^{14}C

El carbono presenta tres isótopos: dos que son estables (el ^{12}C constituye la mayor parte, 99,8% aproximadamente, y el ^{13}C constituye el 1%) y uno inestable: el ^{14}C (presente en 1 de cada billón de átomos; Fallon, 2011). El isótopo del carbono 14 es la forma radiactiva débil e inestable del carbono, también conocido como radiocarbono.

Las tres formas isotópicas presentan 6 protones, pero la diferencia entre ellas reside en el número de neutrones que presentan: el ^{12}C tiene 6 neutrones, el ^{13}C 7 neutrones y el ^{14}C 8 neutrones, que conlleva la radioactividad de este último (Cervera, 2010). La vida media de este isótopo, utilizado por Libby, es de 5.730 años, que indica el tiempo que necesita la mitad de una cantidad dada de ^{14}C para descomponerse en ^{14}N , y de ahí su utilidad en los estudios cronológicos (Peyroteo, 2016; Sauvet et al., 2017).

El ^{14}C se produce en las capas altas de la atmósfera, principalmente como consecuencia de la colisión de las radiaciones solares con los átomos de nitrógeno (^{14}N), provocando la absorción de un neutrón y la expulsión de un protón (Fallon, 2011). Este isótopo radioactivo se combina con los átomos de oxígeno para formar dióxido de carbono, que, aun siendo radioactivo, es indistinguible de las moléculas de CO_2 con dos isótopos estables de carbono. De esta manera, el carbono 14 puede incorporarse en el ciclo de alimentación de los seres vivos y en el ciclo del carbono (Figura 3.1, Peyroteo, 2016; Alves et al., 2018 y sus referencias).

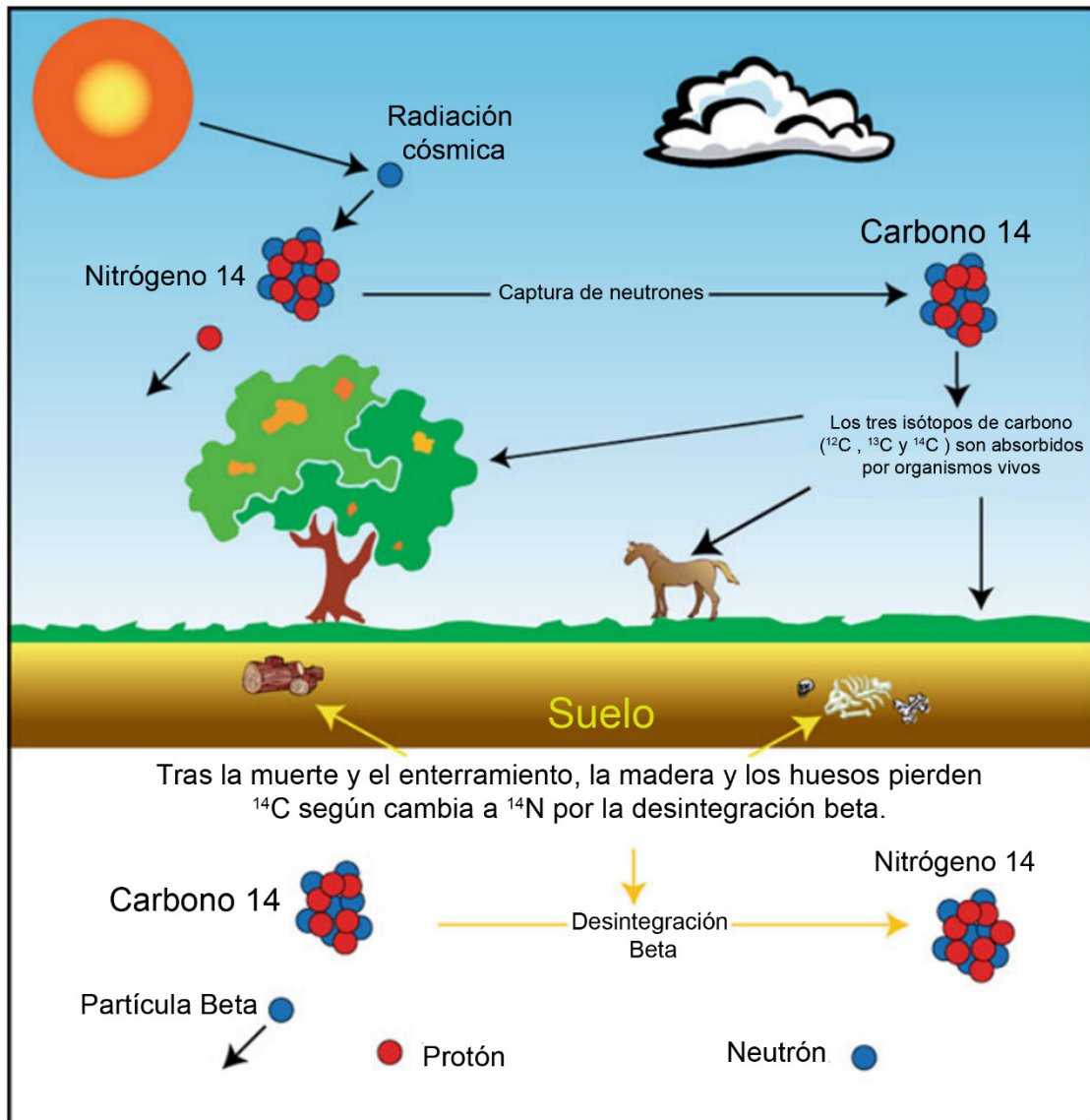


Figura 3.1. Representación de la producción y desintegración del ^{14}C dentro del ciclo de carbono (Fallon, 2011).

Las plantas, algas y cianobacterias, por medio de la fotosíntesis, incorporan los átomos de carbono a su organismo. Los animales, por otro lado, introducen el carbono mediante la ingesta de las plantas o de otros animales. El CO_2 está también disuelto en las aguas de los océanos, los ríos y los lagos, llegándose a observar en organismos marinos, conchas o corales (Fallon, 2011). Por tanto, mientras los seres vivos están vivos, se produce un intercambio continuo de carbono en los organismos, de forma que la proporción $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ del organismo es similar al del ambiente que los rodea (Santos Arévalo et al., 2015).

Cuando un organismo fallece, deja de incorporar ^{14}C , por lo que estos isótopos comienzan su desintegración (mediante desintegración beta) siendo reemplazados por átomos de ^{14}N (Cervera, 2010). Esto conlleva una disminución de la concentración de ^{14}C dentro del organismo y un cambio de la proporción $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$, lo que constituye la base para

realizar las dataciones (Peyroteo, 2016).

3.1.1.2 Calibración de las dataciones radiocarbónicas

Inicialmente, W. Libby asumió que la concentración de carbono 14 en la atmósfera era constante a lo largo del tiempo (Fallon, 2011). Sin embargo, su concentración ha ido variando a lo largo del tiempo (Figura 3.2).

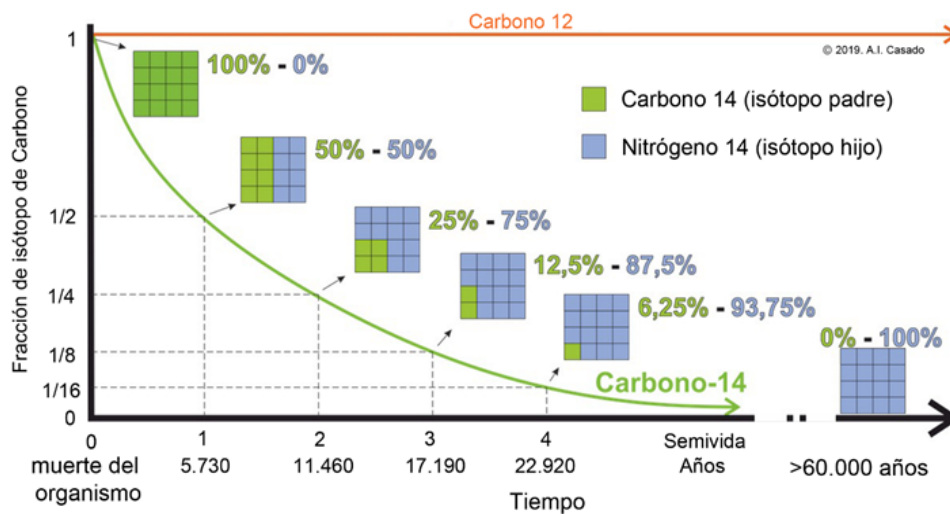


Figura 3.2. Variación de la concentración de ^{14}C a lo largo del tiempo, donde se muestra la vida media del isótopo, así como la desintegración del carbono y su sustitución por ^{14}N (modificado de <https://geolodiaavila.com/2019/04/03/metodo-de-datacion-por-radiocarbono-o-carbono-14/>).

Por tanto, en la atmósfera la proporción entre ^{14}C y otros isótopos del C ha cambiado a lo largo del tiempo y las dataciones obtenidas, que asumen una concentración constante, necesitan ser transformadas a fechas equivalentes a nuestro calendario. Es por ello por lo que se emplea la calibración, debido a que convierte los “años radiocarbónicos” obtenidos por la datación en “años de calendario”, dando una estimación estadística de la cronología (Bronk Ramsey, 2009; Peyroteo, 2016). Para la calibración es necesario utilizar técnicas que permitan conocer las variaciones de la concentración del ^{14}C en la atmósfera. Para ello, se utilizan diversas técnicas: dendrocronología o el estudio de foraminíferos, corales o espeleotemas.

La dendrocronología es el estudio de los anillos de los troncos de los árboles (Figura 3.3). Cada anillo del tronco del árbol corresponde a un año y refleja variaciones en la temperatura y pluviosidad, con lo que comparando distintos troncos se puede obtener un registro de varios miles de años para obtener los valores reales de ^{14}C (Fallon, 2011). Esto es, permite reconstruir una curva de calibración por medio de la edad indicada en los anillos de los árboles (Cervera, 2010).

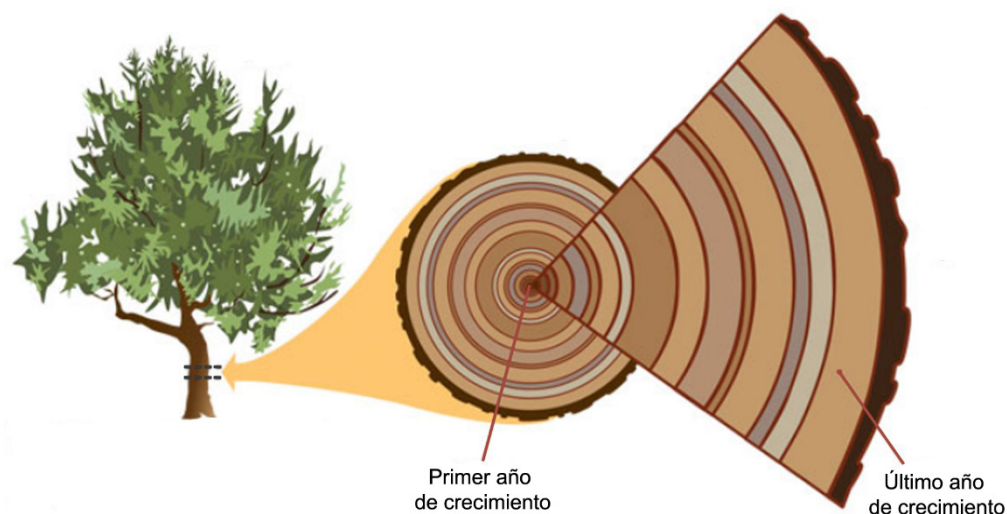


Figura 3.3. Ejemplo del estudio de los anillos de un tronco para la dendrocronología (modificado de <https://www.crowcanyon.org/index.php/dendrochronology>).

Los árboles, al igual que otros seres vivos, funcionan como reservorios para el carbono, en los cuales se pueden observar los cambios en la concentración del carbono (Rodríguez Trobajo, 1997): ejemplo de secuencias cronológicas relevantes son el pino bristlecone de California (*Pinus aristata*, con una longevidad de 4.900 años) o el roble de Irlanda o Alemania, que permiten llegar registros de hasta 13.900 años cal B.P. (Fallon, 2011 y sus referencias; Reimer et al., 2020). Sin embargo, con la finalidad de extender la calibración hasta los 50.000 años cal B.P., se emplean organismos como foraminíferos, corales o espeleotemas mediante las dataciones de las series de Uranio.

Las dataciones radiocarbónicas pueden representarse de diversas maneras. Las dataciones no calibradas suelen darse en formato B.P. (*before present*). Las fechas calibradas pueden indicarse en formato cal B.P. (*calibrated before present*) y en cal B.C. (*calibrated before Christ*) o B.C.E. (*calibrated before common era*). El formato B.P. indica una fecha antes del presente, situando el año 0 en el año 1950, debido al descubrimiento del radiocarbono a finales de la década de los 40 (Rodríguez Trobajo, 1997; Reimer et al., 2013, 2020). En el caso de B.C./B.C.E., se toma como referencia el año 0 indicado en el calendario cristiano occidental (Alves et al., 2018). Estos datos suelen presentarse en uno o varios rangos de fechas, debido a la irregularidad en el contenido de ^{14}C , en el que también aparecen integrados los errores y los porcentajes de probabilidad (Rubinos Pérez, 2009).

3.1.1.3 Calibración de muestras de origen marino

Por otro lado, la situación en el ambiente marino es más complicada que en el ambiente terrestre. El ^{14}C que presenta el CO_2 se incorpora rápidamente en la biosfera terrestre, pero tarda unos 10 años aproximadamente en hacerlo en las capas superficiales del mar (Rubinos Pérez, 2009). En las capas profundas hay un porcentaje elevado de carbono procedente de carbonato sin ^{14}C , reduciendo su presencia en ese medio. En aguas continentales (lagos y ríos) sucede lo mismo, pero en menor medida que en el medio marino, situándose en una posición intermedia entre este último y el medio atmosférico (Ascough et al., 2007; Monge Soares et al., 2016; Alves et al., 2018).

El sistema de intercambio entre capas marinas profundas y superficiales es periódico y más lento que en el medio atmosférico, provocando el comienzo de la descomposición del ^{14}C en el mar, la modificación de su proporción y el envejecimiento de las muestras de la superficie marina (Mestres, 2008; Rubinos Pérez, 2009). Esto hace que ambos tipos de muestra no puedan ser comparadas directamente, debido al efecto reservorio marino (Fallon, 2011). El efecto reservorio describe la compensación entre los reservorios de ^{14}C atmosférico y marino, en el que una muestra terrestre y una muestra marina de la misma edad no presentan la misma concentración de carbono, ya que el reservorio de carbono es diferente (Monge Soares et al., 2016 y sus referencias; Alves et al., 2018).

Para solucionar esta situación, se emplea la variable ΔR , conocida como la desviación resultante de la media de la actividad global de la superficie oceánica o efecto reservorio (Alves et al., 2018): se calcula como la diferencia entre la concentración de ^{14}C en un reservorio de la superficie del agua de una región concreta frente a la media del reservorio de la superficie del agua general (Ascough et al., 2007; Monge Soares et al., 2016). Un valor positivo indica el proceso de surgencia del agua (corriente ascendente) o “upwelling” (subida de las masas de agua profundas a la superficie), mientras que un valor negativo indica un proceso de surgencia ausente (corriente descendente) o “downwelling” (bajada del agua de la superficie al fondo) y alguna estratificación de la columna de agua (división del agua desde la superficie hasta el fondo en capas o estratos) (Figura 3.4, Monge Soares et al., 2016). Cada región oceánica es diferente, por lo que va a tener su propio valor. En el caso de la costa cantábrica, el valor es -105 ± 21 años, indicando una baja compensación de reservorios de carbono entre la superficie del agua y la atmósfera y, a su vez, una surgencia muy débil o ausente y algo de estratificación en la columna de agua (Monge Soares et al., 2016).

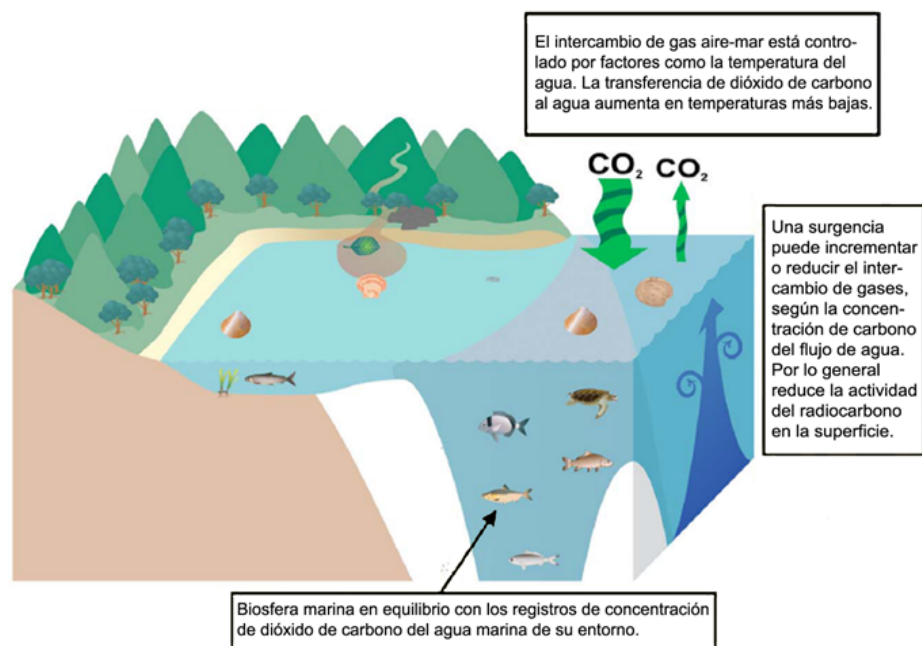


Figura 3.4. Resumen de algunos mecanismos que suceden en ambientes costeros, tales como la surgencia del agua o el intercambio de CO_2 atmosférico y marino (modificado de Alves et al., 2018).

Por tanto, en el caso de las muestras de restos humanos de la Prehistoria Reciente, el aporte marino que hayan tenido por medio de su dieta puede influenciar en el resultado de la datación. Esta situación puede darse en muestras del periodo Mesolítico o Neolítico Inicial, ya que es cuando los individuos han tenido un mayor aporte marino (p. ej., Arias Cabal, 2005, 2012a). Para ello, es necesario que este tipo de muestras sean calibradas de forma diferente, en función de su origen (Mestres, 2008).

Durante los últimos años, la Comunidad Internacional de Radiocarbono ha elaborado diversas curvas de calibración: un ejemplo es IntCal para las curvas de calibración terrestres y Marine para las curvas de calibración marinas, siendo IntCal20 y Marine20 las versiones más actualizadas respectivamente (Heaton et al., 2020; Reimer et al., 2020). La calibración de las muestras se realiza por medio de programas online de calibración, en los que se introducen la datación obtenida, su error y el efecto reservorio y el porcentaje atmosférico y marino para la realización de la curva marina. Entre estos programas destacan Calib, Calpal, Fairbanks y OxCal (Fallon, 2011), siendo este último el utilizado en esta tesis doctoral.

3.1.2 *Dataciones directas de restos humanos en Pirineos Occidentales*

En esta región, las primeras dataciones de radiocarbono se realizaron usando huesos de fauna y carbones de diversos niveles, con el objetivo de datar la formación de estos estratos. Estos datos se han englobado en diversas recopilaciones. Mariezkurrena (1979) recopiló las 52 dataciones directas que se realizaron hasta esa fecha, donde la mayoría de las dataciones fueron realizadas según el criterio mencionado. Barandiarán (1989) elevó esa cifra de dataciones recopiladas hasta 140. Mariezkurrena (1990) continuó el trabajo de recopilación empezado en su artículo anterior, incluyendo aquellas nuevas dataciones que se habían realizado en ese periodo de tiempo, incluyendo una variedad de materiales (hueso, fauna, industria ósea, carbón, madera o turba). Posteriormente, el artículo recopilatorio de Alday (2009) compila dataciones procedentes de huesos humanos y de fauna, conchas, granos de cereal o bellotas que se adscriben al Mesolítico y al Neolítico. Los trabajos de Fernández-Eraso y Mujika-Alustiza (2013) y Fernández-Eraso et al. (2016) se centran en una recopilación de datos procedentes de yacimientos y estructuras megalíticas de Álava/Araba, con el objetivo de encuadrar cada una en su marco cronocultural determinado.

Los primeros restos humanos datados en esta región proceden de los yacimientos de Las Pajucas y Gerrandijo (Bizkaia; Apellániz y Nolte, 1967) y Marizulo (Gipuzkoa; Laborde et al., 1967). A partir de la década de los 80 se empezaron a realizar dataciones directas en restos humanos de manera más sistemática, convirtiéndose en un aspecto fundamental en los estudios antropológicos actuales. Una muestra de ello sería las dataciones realizadas en Urtiaga (Deba, Gipuzkoa). Los cráneos recuperados en este yacimiento se habían adscrito al Paleolítico Superior por Aranzadi y Barandiarán (1948): estos investigadores afirmaban la presencia de características morfológicas en estos cráneos que eran coherentes con la hipótesis de la raza vasca (sensu Altuna y de la Rúa, 1989 y sus referencias; de la Rúa y Hervella, 2019). Sin embargo, las dataciones por radiocarbono mostraron su adscripción a la Edad de Bronce (Altuna y de la Rúa, 1989).

3.2 OBJETIVOS

Los objetivos de este apartado son:

1. La presentación de las dataciones realizadas en los restos humanos de Bizkaia estudiados en la presente memoria (i.e., los restos de los yacimientos de Abittaga, Atxuri-I y Lumentxa).
2. Contextualización de estas dataciones junto con otras dataciones directas

realizadas sobre restos humanos en cuevas de la vertiente atlántica de los Pirineos Occidentales (provincias de Bizkaia y Gipuzkoa, norte de Navarra y la región histórica de Béarn).

3. Discusión de los patrones y datos obtenidos en comparación con las dataciones realizadas en huesos humanos de estructuras megalíticas de Gipuzkoa.

3.3 MATERIAL

En este apartado de la tesis doctoral se van a presentar nuevas dataciones de los yacimientos de Abittaga, Atxuri-I y Lumentxa, que son los restos humanos de Bizkaia estudiados en la presente memoria, localizados en la vertiente atlántica de los Pirineos Occidentales.

Para contextualizar estas dataciones a nivel regional, se ha realizado una recopilación bibliográfica de todas las dataciones directas sobre huesos humanos recuperados en cuevas de la vertiente atlántica de los Pirineos Occidentales (provincias de Gipuzkoa, Bizkaia y el Béarn y el norte de Navarra). Para comparar el rango cronológico del uso sepulcral de las cuevas en comparación con el uso de los megalitos se ha realizado una recopilación bibliográfica de las dataciones realizadas sobre restos humanos inhumados en estructuras megalíticas de Gipuzkoa.

3.4. METODOLOGIA

3.4.1 Selección de las muestras

En función del yacimiento de estudio, los criterios de selección han sido diferentes. En el caso de Atxuri-I, en primer lugar, se pretendía obtener una datación del conjunto, pero la obtención no esperada de una cronología del Mesolítico hacía difícilmente extrapolable esta datación a todo el conjunto, tanto por su rareza como por estar los restos humanos mezclados (Gómez-Olivencia, comunicación personal). Ello hizo que, para obtener una cronología segura para el individuo estudiado mediante análisis de las propiedades geométricas de las secciones transversales (PGST), se realizase una segunda datación.

En el caso de Lumentxa, existía una serie de dataciones previas, tanto de muestras excavadas por Barandiarán (Arias Cabal, 2012) como de las nuevas excavaciones (Arribas Pastor y Berganza Gochi, 2018). Los objetivos eran: 1) una vez estaba avanzado

el estudio antropológico, maximizar el número de individuos que se pudiesen datar de este yacimiento; y 2) comprobar si la datación “aislada” obtenida por Arias Cabal podría corresponder a uno de los individuos identificados posteriormente en las excavaciones de Arribas Pastor.

En cada yacimiento/individuo se seleccionaron muestras óseas distintas en función de la estrategia de muestreo (fémures, vértebras, costillas o dentición), de forma que su ausencia no modificase de forma relevante el estudio morfológico de la colección. Una vez hecha la selección, se extrajo un fragmento pequeño del resto óseo, de forma que afecte en la menor medida posible a la estructura general del elemento.

En todos los casos, las muestras enviadas tenían un peso mínimo de 1 gramo, para asegurarse que hubiese el colágeno suficiente para realizar la datación. Cuatro de las muestras (dos muestras del yacimiento de Lumentxa y dos muestras del yacimiento de Atxuri-I) fueron enviadas al laboratorio Beta Analytics (Florida, USA), mientras que tres muestras del yacimiento de Lumentxa se enviaron al Centro Nacional de Aceleradores (CNA: Sevilla, España).

Las dataciones han sido obtenidas mediante la metodología de la espectrometría de masas con acelerador (AMS o *Accelerator mass spectrometry* en inglés), que es una técnica que se emplea para analizar con mayor sensibilidad el contenido de carbono 14 por medio de su aceleración en forma de rayos de iones (átomos cargados) en muestras arqueológicas, entre otras disciplinas (Jull, 2014). Esta técnica se ha convertido en los últimos años en una de las herramientas más importantes para determinar la edad de una muestra, puesto que permite medir bajas concentraciones de átomos de muestras de pequeño tamaño (Hellborg y Skog, 2008). Se pueden estudiar diversos isótopos con ratios muy bajos (desde 10^{-10} hasta 10^{-15}), si bien el ^{14}C es el isótopo más estudiado (Kutschera, 2016; Wacker et al., 2017).

En algunas ocasiones, en combinación con el AMS, suele usarse como pretratamiento la técnica de la ultrafiltración, la cual permite eliminar de manera más eficiente los restos de contaminación a nivel ambiental o antrópico que han podido sufrir las muestras arqueológicas (Santamaría Álvarez y de la Rasilla Vives, 2013). Sin embargo, en cronologías como las estudiadas en este trabajo no se suele usar, debido a que el nivel de contaminación no es tan elevado como el que puede presentar una muestra de una cronología más antigua (por ejemplo, el Paleolítico Medio final o Superior inicial (30-45 mil años; Higham et al., 2006; Hüls et al., 2009).

Análisis del colágeno

El análisis del colágeno ha sido diferente en función del laboratorio al que han sido enviados. La extracción de colágeno de las muestras enviadas al laboratorio Beta Analytics fue realizada por medio del método estándar de extracción, el cual incluye pretratamientos alcalinos. En el caso de las extracciones del colágeno del Centro Nacional de Aceleradores (CNA), se realizó un procedimiento modificado de la metodología de colágeno Longin (Longin, 1971), junto a un paso de ultrafiltración (Higham et al., 2006).

3.4.2 Calibración de las dataciones

Las calibraciones se han realizado usando el software Oxcal v.4.4 (Bronk Ramsey, 1998, 2009) y la curva de calibración Intcal20 (Reimer et al., 2020).

Los valores de carbono 13 ($\delta^{13}\text{C}$) y nitrógeno 15 ($\delta^{15}\text{N}$) de las muestras indican si los individuos han tenido una dieta con aporte marino (Lanting y Van der Plicht, 1998; ver sección 4.1). En el caso de aquellas muestras que puedan tener una influencia marina relevante en su dieta, las calibraciones se realizan por medio de la curva marina de calibración Marine20 (Heaton et al., 2020). De nuestras muestras de estudio, solo el individuo 6 de Lumentxa ($\delta^{13}\text{C} = -16,74\text{‰}$ y $\delta^{15}\text{N} = 11,95\text{‰}$, y $\delta^{13}\text{C} = -17,07\text{‰}$ y $\delta^{15}\text{N} = 10,36\text{‰}$; Arias Cabal, 2012a; García-Sagastibelza et al., 2020a) presentaba valores que podían incluir un aporte marino. En cambio, en la muestra mesolítica de Atxuri-I no se ha considerado que hubiese una influencia marina, debido a que los valores de carbono 13 y nitrógeno 15 ($\delta^{13}\text{C} = -19,3\text{‰}$ y $\delta^{15}\text{N} = 9,4\text{‰}$, García-Sagastibelza et al., 2020b) indican una dieta con aporte terrestre.

En la calibración de las muestras terrestres únicamente es necesario indicar la fecha en años B.P. sin calibrar junto al error de la datación. En las muestras con aporte marino, es necesario indicar primero que la curva de calibración es marina. Seguidamente, es necesario incluir el dato del efecto reservorio (ΔR , ver sección 3.1.1.4 para su definición), siendo -105 ± 21 años el valor para la región de estudio (Monge Soares et al., 2016). Por último, hay que indicar el porcentaje atmosférico y marino de la curva marina, que señala la proporción de alimentación terrestre y marina respectivamente del individuo de interés. En este estudio se ha indicado un 65% de porcentaje terrestre y un 35% de porcentaje marino, al igual que aparece indicado para las muestras mesolíticas portuguesas, al ser esperable que esos porcentajes no varíen significativamente en el norte de la península ibérica (Peyroteo, 2016).

3.5 RESULTS

3.5.1 Direct dates

The new dates obtained in the collections studied in this dissertation are presented in Table 3.1. There are three dates that have individuals ascribed to the Bronze Age culture: the single individual of the Abittaga site (Figure 3.5), one of the adult individuals from Atxuri-I site (Figure 3.6), which is the one that will be studied in the biomechanical section, and the subadult individual from Lumentxa.

The Individual 4 of Lumentxa, represented by two dates, is ascribed to the Chalcolithic (Figure 3.7). Individuals 5 and 6 of the site of Lumentxa are the only individuals that are associated to the Neolithic period. The Individual 5 from Lumentxa, with one date, is ascribed to the Neolithic. The Individual 6 from Lumentxa was previously ascribed to the Neolithic or even Mesolithic based on ^{14}C analysis, but without certainty (Arias Cabal, 2012b; Arias and Cubas, 2018). The second date on this individual, provided in this study, helped us to ascribe it to the Early Neolithic period. Lastly, we have obtained a Mesolithic ascription for another individual of Atxuri-I.

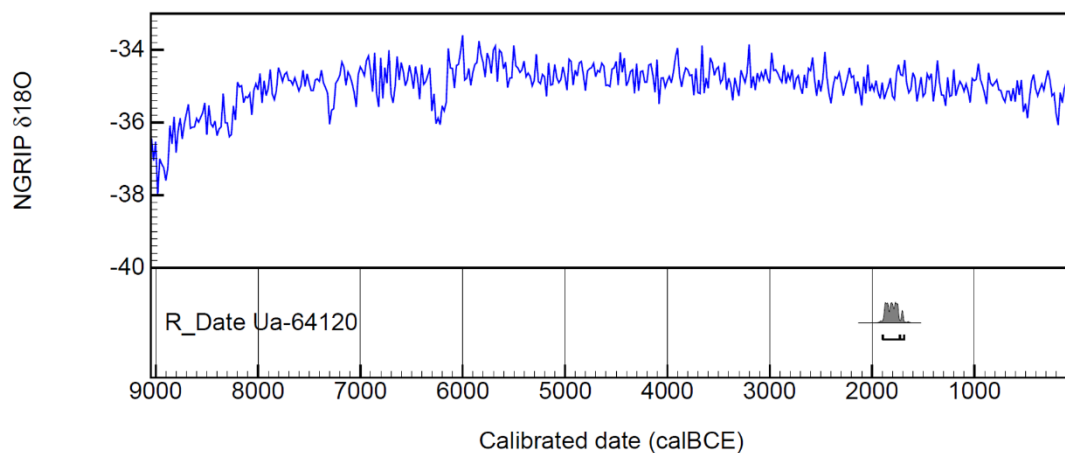


Figura 3.5. Calibrated date of the individual from Abittaga.

Table 3.1. Radiocarbon dates of human remains from Abittaga, Atxuri-I and Lumentxa sites organized chronologically from the most recent to the oldest.

Site	Individual	Label	Anatomical region	Lab Reference	Radiocarbon date (B.P.)	Calibrated date B.C.E. (95.4%)	Calibrated date B.P. (95.4%)	Reference
Abittaga	-	AB.7D.180.F	1 st hand phalanx	Ua-64120	3,478 ± 36	1,895-1,689	3,844-3,638	Rios-Garaizar et al., 2020
Lumentxa	Individual 1	L.22H.REV.46	Cranium fragment	Beta-493404	3,550 ± 30	2,014-1,771	3,963-3,720	García-Sagastibelza et al., 2020a
Atxuri-I	-	ATX-I.27B.70	Femur	Beta-493406	3,570 ± 30	2,023-1,778	3,972-3,727	García-Sagastibelza et al., 2020b
	Individual 4	L.28F.220.10.L7	Fibula	Beta-493405	4,780 ± 30	3,640-3,518	5,589-5,467	García-Sagastibelza et al., 2020a
		L.32F.198.11.L5	Vertebra	CNA 5113.1.1	4,810 ± 35	3,646-3,526	5,595-5,475	García-Sagastibelza et al., 2020a
		L.14Z.455.2	Premolar	CNA	No collagen	-	-	García-Sagastibelza et al., 2020a
Lumentxa	Individual 5	L.26F.240.5.L.10	Rib fragment	Ua-12665	5,105 ± 80	4,157-3,657	6,106-5,606	Arribas Pastor and Berganza Gochi, 2018
	Individual 6	L.18G.205.5.184.L.8	Vertebra	CNA 5114.1.1	6,110 ± 35	4,936-4,726	6,885-6,675	García-Sagastibelza et al., 2020a
		L.10B.80	Fibula	OxA-18236	6,122 ± 38	4,952-4,726	6,901-6,675	Arias Cabal, 2012b
Atxuri-I	-	ATX-I-5C-40	Rib	Beta-443326	7,290 ± 30	6,224-6,076	8,173-8,025	García-Sagastibelza et al., 2020b

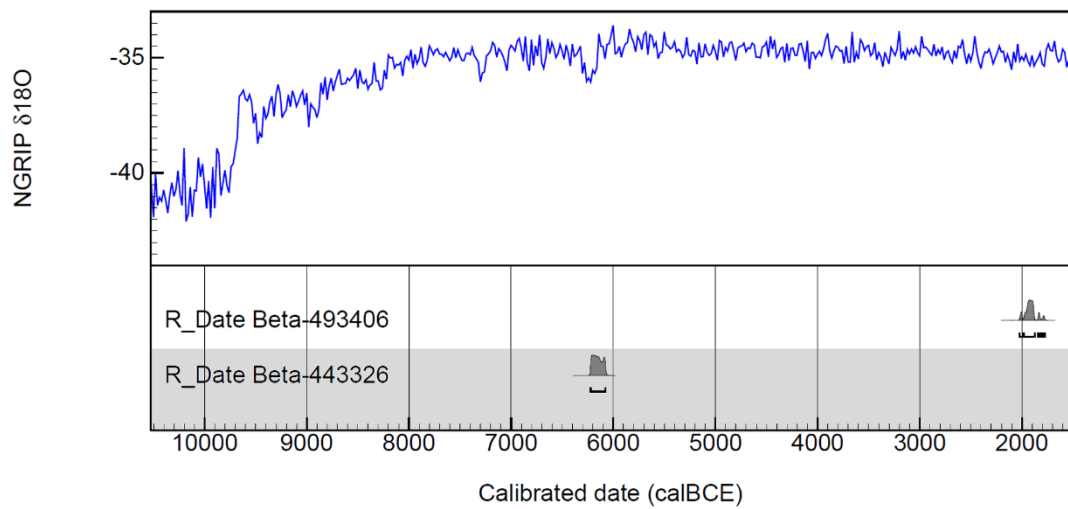


Figure 3.6. Calibrated dates of the human remains from Atxuri-I

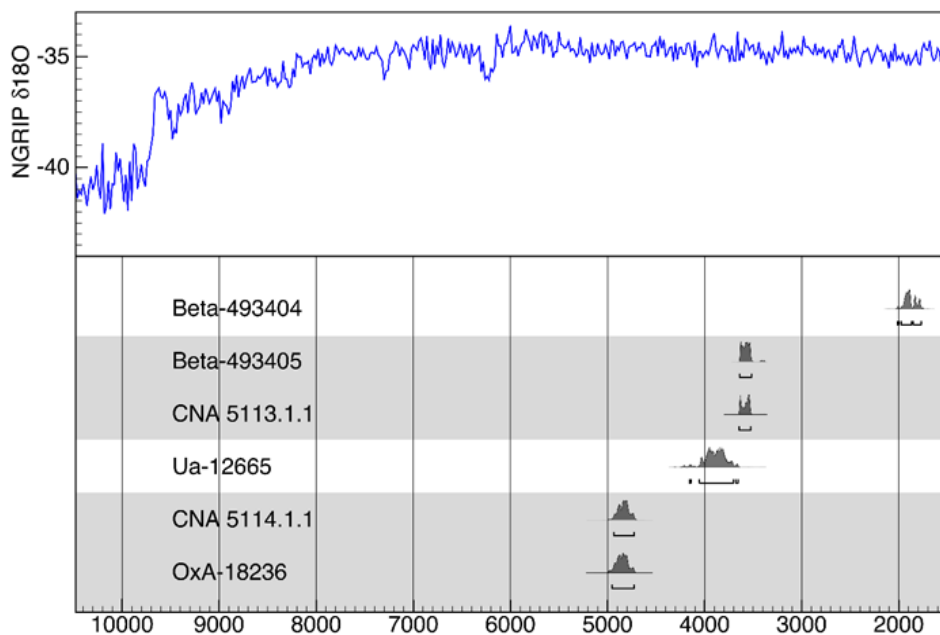


Figure 3.7. Calibrated dates of the human remains from Lumentxa.

3.5.2 Direct dates on human remains from the Atlantic Western Pyrenees

In the Atlantic Western Pyrenees, more than 187 caves have yielded human remains (177 caves only in the provinces of Gipuzkoa and Biscay), presumably from Holocene burials (Figure 3.8) (García-Sagastibelza et al., 2020b).

From a total of 38 sites registered in this area, 70 direct dates on human bones have been counted (Figure 3.9 and Table 3.2).

Overall, these data have shown that the funerary use of the caves during the Holocene spanned from 8,300 B.P. to 1,130 B.P. (García-Sagastibelza et al., 2020b). Additionally, more recent chronologies have been obtained, ascribed to the Roman Age and Medieval Ages (245-402 a.C.E. and 772-1,025 a.C.E. respectively; see Table 3.3).

There is a remarkable difference between the total number of direct dates made during the decades in each region of study (Table 3.2). Biscay is the province where more dates have been made (36 dates in 15 sites), followed by Gipuzkoa (18 dates in 13 sites). In the case of Navarre and Béarn, the data reference only a specific area of these regions, so it is expected that the number of gathered dates is smaller than the one observed in Biscay and Gipuzkoa. However, the number of dates in both regions is relatively high.



Figure 3.8. Location of Atxuri-I and Txotxinkoba in relation to other cave sites in the Western Pyrenees with Holocene dated human remains. 1: Las Pajucas, 2: Lacilla II, 3: Pico Ramos, 4: Covachón III, Punta Lucero II, 5: Urratxa II, 6: Arlanpe, 7: Askondo, 8: Atxuri-I, 9: Santimamiñe, 10: Txotxinkoba, 11: Lumentxa, 12: Langatxo, 13: Ekain, Linatzeta, Urriaga, 14: Iruaxpe I, 15: Arantzazu, Nardakoste IV, Urtao II, 16: San Adrian, 17: Aintzulo, 18: Karea B, 19: Marizulo, 20: J3, 21: Abauntz, 22: Aizpea. Padre Areso, Laà 3, Borededela 1 and 2, Houn de Laà, Laplace and Larrun 1 are situated further east of the area shown in the map.

Until 1970, only three direct dates have been obtained from human remains, distributed between Biscay and Gipuzkoa (Figure 3.9; Table 3.2). In the following decade, only one date from a site of Gipuzkoa was obtained. Since this moment forward, the number of dates has been increasing until nowadays. From the 1981-1990 decade, the number of total dates has oscillated between 4 and 14, until reaching 41 in 2011-2020 decade. In this last decade, the province of Bizkaia stands out, where most of the dates have been compiled, with 26 dates of a total of 36.

On the other hand, apart from the new date from Atxuri-I (Biscay), only three other human individuals have been ascribed to the Mesolithic: Linatzeta and J3 from Gipuzkoa and Aizpea from Navarre (Figure 3.10).

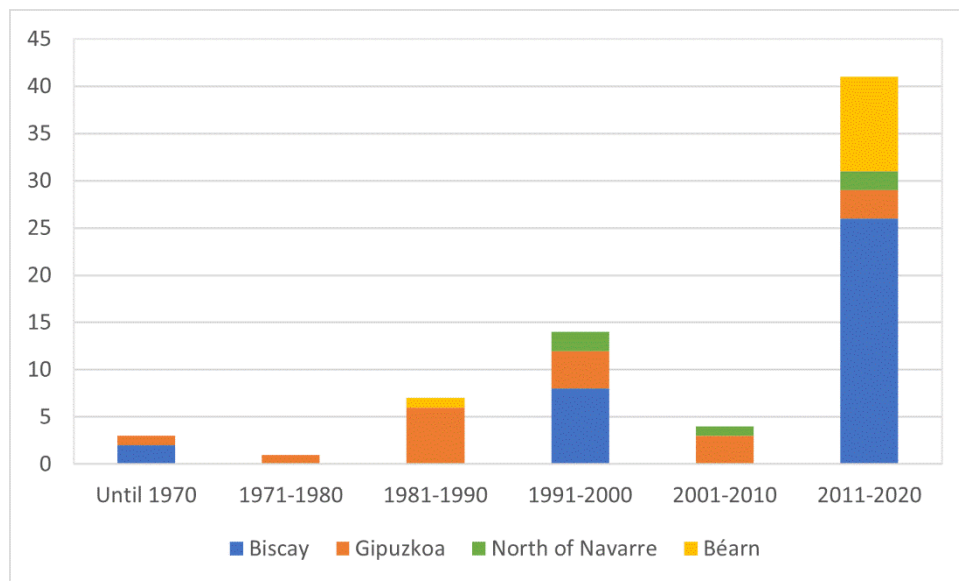


Figure 3.9. Number of ¹⁴C dates in human remains clustered by decades for each province/region.

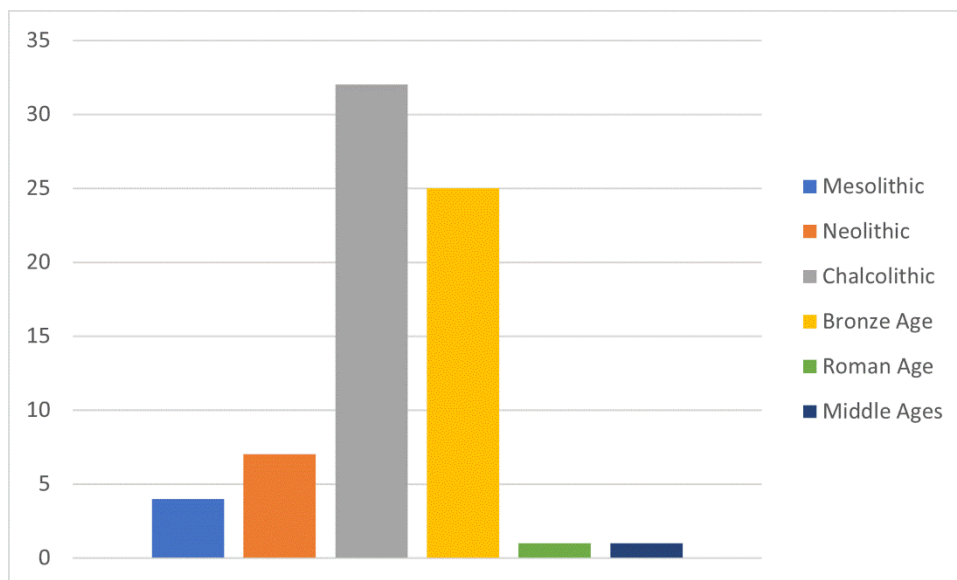


Figure 3.10. Number of ¹⁴C dates associated to each period from the Recent Prehistory.

Table 3.2. Number of dates* made in human remains in each province/region.

Decade	Biscay	Gipuzkoa	North of Navarre	Béarn	Total
Until 1970	2	1	-	-	3
1971-1980	-	1	-	-	1
1981-1990	-	6	-	1	7
1991-2000	8	4	2	-	14
2001-2010	-	3	1	-	4
2011-2020	26	3	2	10	41
Total	36	18	5	11	70

*Depending on the date of publication. The new dates presented in this work are included.

Individual 6 of the site of Lumentxa and the individual of Santimamiñe, from the VI. millennium, are ascribed to the Early Neolithic. The Individual 5 of Lumentxa has also a Neolithic ascription, and two dates of the Marizulo site ($n = 5$; Gipuzkoa) can be associated to the same period.

It is noteworthy that the Chalcolithic and Bronze Age dates are relatively high in number. Regarding the Chalcolithic, there is a total of 32 direct dates, 12 of them in the province of Biscay. Two of these dates correspond to the Individual 4 of Lumentxa, while other examples of this province include the sites of Txotxinkoba ($n = 14$ individuals, 4 dates), Covachón III ($n = 1$), Punta Lucero II ($n = 1$) or all the dates of Pico Ramos ($n = 104$ individuals, 3 dates) sites. In Gipuzkoa, 8 direct dates have been counted (like Marizulo, Urtao II and Iruaxpe I; $n = 5$, $n = 9 + 42$ and $n = 15$ respectively), 2 dates in Navarre (e.g., Abautz; $n > 100$) and 10 in the Béarn region (Bordelela 1 and 2 and Grotte Laplace; $n = 7$, $n = 3$ and $n = 5$ respectively).

In the case of the Bronze Age period, from a total of 25, the number of direct dates registered in Biscay is noticeable, as there are 18 direct dates. Our samples from Abittaga, Atxuri-I and Individual 3 from Lumentxa, as said before, belong to this chronology. There are other examples from the Bronze Age like some individuals from Santimamiñe, Urratxa III ($n = 12$) or Arlanpe ($n = 2$) sites. Next is Gipuzkoa, with 6 direct dates, like the dates of Urtiaga ($n = 1$) or Langatxo ($n =$ at least 1) sites. In Navarre and Béarn there is only one direct date, Padre Areso ($n =$ at least 2) and Grotte de Garli ($n = 4$), respectively. Finally, there are two dates with a more recent chronology: one in Santimamiñe (Roman Age; Biscay) and one in Padre Areso (Middle Age; Navarre).

The number of Mesolithic and Neolithic sites with dated human bones are more scarce in number than sites ascribed to Chalcolithic and Bronze Age periods. Moreover, those sites ascribed to older periods have less individuals inhumed: most Mesolithic sites (e.g., J3 or Aizpea) have provided only one individual. In the case of Atxuri-I, due to the disturbances in the cave, it is not currently possible to have a precise idea of the spatial

distribution of the human remains. Neolithic sites present one or few individuals (e.g., Lumentxa, Santimamiñe or Marizulo).

Chalcolithic and Bronze Age sites, on the other hand, tend to present more individuals buried, being usual to find many individuals ascribed only to one specific chronology, independently of the total number of burials: for example, the Chalcolithic sites of Txotxinkoba (n = 14) or Urtao II (n = 9 + 42) and Bronze Age sites of Urratxa III (n = 12) or Urtiaga (n = 25). Furthermore, some of the sites ascribed to Chalcolithic stand out for presenting a high number of individuals, as it can be observed in Pico Ramos (n = 104) or Abautz (n > 100). However, this information is only related to those sites with direct dates, and thus it can be biased.

Regarding the palaeobiological information, there is data about the age-at-death and the sex of most of the buried individuals for which there are direct dates. Overall, with the evidence at hand, at least for those periods in which the number of individuals is enough to make statistical inferences (mainly Chalcolithic and Bronze Age). In the case of Mesolithic and Neolithic, normally the single burials belong to adult male individuals, but samples size is really small to properly address age-at-death and sex biases during the Holocene.

3.6. DISCUSSION

3.6.1 Dates in human remains in AWP

Funerary practices in caves in the region are recorded since the Mesolithic (Linatzeta, J3, Atxuri-I). The Neolithisation process in the 5th millennium cal B.C.E. and spread of the megaliths at the end of the 4th millennium cal B.C.E. did not involve the disappearance of funerary events in caves.

Current archaeological evidence clearly indicates that both funerary phenomena are coeval both in the AWP (and extensive further west to the central and western cantabrian regions; Cubas et al., 2016). This behaviour is well recorded in these two areas during the 3rd and 2nd millennia cal B.C.E.

Specifically, there are 38 caves in the region of study with direct ¹⁴C dates on human remains: this represents around 20% of the total number of sepulchral caves found in the AWP region to date. However, the task of dating human remains has been unequal within the different provinces/regions of this area.

Table 3.3. Cave sites in the Atlantic Western Pyrenees with directly dated human remains.

Site*	Location	Lab. Code	Radiocarbon date (B.P.)	Calibrated B.C.E. age (95%)	Minimum number of individuals	Age-at-death	Sex determination	References
Biscay								
Abitaga	Amoroto	Ua-64120	3,478 ± 36	1,895-1,689	1	1 adult	Female?	Rios-Garaizar et al., 2020
		Beta-339110	3,580 ± 30	2,028-1,782				
Arlanpe	Lemoa	Beta-299200	3,510 ± 30	1,922-1,746	2	2 adults	-	Gómez-Olivencia, 2013; Rios-Garaizar et al., 2013
		Beta-272221	3,180 ± 40	1,519-1,321				
Askondo	Mañaria	Beta-303669	3,290 ± 40	1,677-1,452	2	10 years old individual	-	Gómez-Olivencia, 2012; Rios-Garaizar and Garate Maidagan, 2012
Atxuri-I	Mañaria	Beta-443326	7,290 ± 30	6,224-6,076	9	3 subadults and 6 adults	At least 1 male and 1 female	García-Sagastibelza et al., 2020b
		Beta-493406	3,570 ± 30	2,023-1,778				
Covachón III	Zierbena	Ua-50093	4,065 ± 32	2,847-2,475	1	adult	-	Gómez-Olivencia et al., 2015
Gerrandixo	Ibarrangelu	I-3197	3,090 ± 100	1,598-1,048	2	-	-	Apellániz and Nolte, 1967
Kobaederra	Kortezubi	AA-29109	3,545 ± 60	2,113-1,694	1	-	Male	Ibañez et al., 1999
Lacilla II	Sopuerta	Ua-44279	4,335 ± 60	3,321-2,783	57	6 infants, 7 juveniles and 44 adults	-	Gil Abad, 1988; Euskal Arkeologia Etnografía eta Kondaira Museo/Museo Arqueológico, Etnográfico e Histórico Vasco, 1995; Gil Abad and Llamas Rubio, 2016-2017.
Las Pajucas	Lanestosa	I-3513	3,710 ± 130	2,469-1,751	2	At least 1 subadult	-	Apellániz and Nolte, 1967

Site ^a	Location	Lab. Code	Radiocarbon date (B.P.)	Calibrated B.C.E. age (95%)	Minimum number of individuals	Age-at-death	Sex determination	References
Lumentxa	Lekeitio	OxA-18236 *	6,122 ± 38	4,952-4,726	7	2 subadults, 1 subadult-adolescent, 1 adolescent-young adult and 3 adults	1 male and 1 female	Arias Cabal, 2012b; García-Sagastibelza et al., 2020a
		CNA 5114.1.1	6,110 ± 35	4,936-4,726				
		Ua-12665	5,105 ± 80	4,157-3,657				
		CNA 5113.1.1	4,810 ± 35	3,646-3,526				
		Beta-493405	4,780 ± 30	3,640-3,518				
		Beta-493404	3,550 ± 30	2,014-1,771				
Pico Ramos	Muskiz	I-16798	4,790 ± 110	3,913-3,345	104	All the age ranges	At least 8 females and 8 males	Baraybar and de la Rúa, 1995; Zapata, 1995
		I-16501	4,210 ± 110	3,092-2,474				
		I-16797	4,100 ± 110	2,912-2,346				
Punta Lucero II	Zierbena	Ua-50094	4,687 ± 34	3,617-3,369	1	1 subadult	Indeterminate	Gómez-Olivencia et al., 2015
Santimamiñe	Kortezubi	Beta-307665	6,130 ± 40	4,980-4,730	9	2 infants, 4 young adults and 2 old adult	At least 6 males and 1 female	Herrasti and Etxeberria, 2011; López-Quintana and Guenaga, 2011; López-Quintana et al., 2015
		Beta-240896	3,710 ± 40	2,275-1,973				
		Beta-307664	3,370 ± 30	1,743-1,542				
		Beta-307667	3,370 ± 30	1,743-1,542				
		Beta-307669	3,240 ± 30	1,607-1,433				
		Beta-307666	3,130 ± 30	1,496-1,298				
Beta-307668	1,740 ± 30	245-402 aCE ^b						

Site ^a	Location	Lab. Code	Radiocarbon date (B.P.)	Calibrated B.C.E. age (95%)	Minimum number of individuals	Age-at-death	Sex determination	References
Txoxinkoba	Gizaburuaga	Beta-542719	4,310 ± 30	3,011-2,885	14	At least 2 subadults and 8 adults	At least 2 males and 2 females	García-Sagastibelza et al., 2020b
		Beta-542720	4,250 ± 30	2,916-2,704				
		Beta-542721	4,400 ± 30	3,265-2,913				
		Beta-542722	4,420 ± 30	3,322-2,921				
Urratxa III	Orozko	Ua-11430	3,405 ± 70	1,886-1,520	12	1 phoetus, 6 subadults and 5 adults,	-	Muñoz Salvatierra and Berganza, 1997; de la Rúa et al., 1997
		Ua-11431	3,475 ± 80	2,022-1,546				
		Ua-11432	3,365 ± 80	1,881-1,463				
Gipuzkoa								
Aintzulo	Errezil	Ua-21155	4,495 ± 50	3,362-3,025	-	-	-	Altuna and Marizkurrena, 2013
Arantzazu	Ohati	Ua-11849	4,390 ± 55	3,330-2,898	2	1 infant and 1 adult	-	Armendariz and Etxeberria, 1996; Armendariz et al., 1998
Ekain	Deba	Ua-36855	4,960 ± 60	3,945-3,639	-	-	-	Altuna, 2009
Iruxpe I	Aretxabaleta	I-14097	4,130 ± 110	3,008-2,350	15	4 infants, 4 juveniles and 7 adults	At least 2 males	Armendariz, 1987
J3	Hondarribia	GrA-23733*	8,300 ± 50	7,594-7,379	1	adult (20-40 years old and maybe 30-40 years old)	male	Iriarte et al., 2005b
Karea B	Aia	OxA-33771	4,125 ± 35	2,871-2,578	1	1 adult (25-35 years old)	Probable male	Aranburu-Mendizabal et al., 2018
Langatxo	Mutriku	Ua-3328	3,820 ± 55	2,462-2,066	-	-	-	Zumalabe, 1993
Linatzeta	Deba	KIA-33193*	7,315 ± 35	6,086-5,925	3	1 infant	-	Tapia Sagama et al., 2008

Site ^a	Location	Lab. Code	Radiocarbon date (B.P.)	Calibrated B.C.E. age (95%)	Minimum number of individuals	Age-at-death	Sex determination	References	
Manizulo	Urnietia	Ua-4818	5,315 ± 100	4,346-3,960	5	1 infant, 1 juvenile and 2 adults (1 of them with 25 years old)	At least 1 male	Laborde et al., 1967; Cava, 1978; Altuna et al., 1995; Álvarez-Fernández and Altuna Etxabe, 2013	
		GrN-5992	5,285 ± 65 (individual)	4,319-3,976					
		Ua-10374	4,585 ± 80	3,617-3,027					
Nardakoste IV	Ohati	Ua-11848	3,810 ± 65	2,463-2,041	14	5 subadults (1 foetus, 3 infants and 1 juvenile) and 9 adults	At least 6 males and 2 females	Armendáriz et al. 1998	
San Adrian	Aizkorri	Ua-44255	3,311 ± 30	1,670-1,505	2	1 infant and 1 adult		Tapia et al., 2016	
Urtao II	Ohati	I-14822	4,610 ± 120 (north gallery)	3,639-3,011	9	4 adults, 2 juveniles and 3 infants	both sexes	Armendáriz, 1989; Etxeberria, 1989	
		I-14821	4,490 ± 170 (south gallery)	3,638-2,703	42	At least 3 infants, 2 juveniles and 31 adults,			
Urriaga	Deba	Ua-426	3,475 ± 120	2,134-1,506	25	At least 1 infant and 5 adults	At least 1 male	Altuna and de la Rúa, 1989; López-Onaindia and Subirá, 2017	
		Ua-506	3,445 ± 110	2,110-1,500					
		Ua-505	3,430 ± 100	2,014-1,504					
Navarre									
Abauntz	Arraiz	CSIC 785	4,370 ± 70	3,332-2,885	>100	At least 1 infant, 2 children, 1 subjuvenile, 3 young and 6 adults (1 individual with 50 years old and 1 older than 30 years old)	At least 5 male and 4 female	Utrilla et al., 2015	
		GrA-37325	4,025 ± 35	2,662-2,465					
Aizpea	Arive	GrA-779	6,600 ± 50	5,622-5,478	1	At least 1 adult (30 years old)	1 female	Barandiarán and Cava, 2001; de la Rúa et al., 2001	
Padre Arreso	Bigüézal	GrN-14597	3,020 ± 35 B.P.	1,397-1,128	At least 2	At least 1 young adult	At least 1 male	Begristain, 1997	
		GrN-14596	1,130 ± 60 B.P.	772-1,025 aCE ^b					

Site ^a	Location	Lab. Code	Radiocarbon date (B.P.)	Calibrated B.C.E. age (95%)	Minimum number of individuals	Age-at-death	Sex determination	References
Béarn								
Laa 3	Arudy		4,197 ± 50	2,901 - 2,629	1	Adult		Dumotier et al., 2014, 2016; Courtaud et al., 2018
Bordelela I	Arudy	Ly-11876	4,470 ± 30	3,340 - 3,026	7	1 subadult (<5 years old) and 6 adults		Dumotier et al., 2014, 2016; Courtaud et al., 2018
		Ly-11875	4,035 ± 35	2,834 - 2,467				
Bordelela 2	Arudy	Poz-69595	4,075 ± 35	2,857 - 2,476	3	1 subadult (around 1 year old) and 2 adults		Dumotier et al., 2014, 2016; Courtaud et al., 2018
Houn de Laa	Arudy	ErI-19174	4,449 ± 51	3,340 - 2,928	15	5 subadults (1 perinatal and 4 infants) and 10 adults		Dumotier et al., 2014, 2016; Courtaud et al., 2018
		ErI-19173	4,401 ± 49	3,329 - 2,906				
Grotte Laplace	Arudy	Ly-11874	4,150 ± 35	2,879 - 2,586	5	3 subadults and 2 adults		Blanc, (1989); Dumotier et al., 2014, 2016; Courtaud et al., 2018
		Ly-11873	4,105 ± 35	2,868 - 2,501				
Grotte de Gari	Arudy	ErI-19171	4,986 ± 49	3,945 - 3,648	4	3 subadults and 1 adult		Ébrard, (2013); Dumotier et al., 2014, 2016; Courtaud et al., 2018
		Beta-308779	3,970 ± 30	2,575 - 2,350				
Larrun I	Arudy	ErI-19170	4,661 ± 48	3,622 - 3,356	2	2 subadults (3 ± 1 and 8.5 ± 1)		Dumotier et al., 2014, 2016; Courtaud et al., 2018

^a Organized alphabetically by province and from West to East.

^b a.C.E.: after common era.

*Calibrated using the calibration curve Marine20.

Biscay is the province where more dates have been made, surpassing the 50% of the total dates gathered (36 of 70 dates; Table 3.2, Figure 3.9). It is noteworthy that the majority of the chronological research has been made during the 2010-2020 decade, representing approximately the 72% of the total (26 of 36 dates). This indicates that the chronological studies have suffered a relevant improvement during the last years (for example, López Quintana and Guenaga-Lizasu, 2011; Rios-Garaizar and Garate Maidagan, 2012; Gómez-Olivencia et al., 2015; Arribas Pastor and Berganza Gochi, 2018).

Gipuzkoa, on the other hand, has provided the 25% of the dates (18 of 70 dates), but in a steadier pace than in Biscay, as the direct dates have been made during all decades since the beginning. In the case of the north of Navarre and the region of Béarn, the number of dates compiled is lower, but there are also differences between them.

The north of Navarre is more similar to the situation in Gipuzkoa, as there are dates assigned to each decade since the start of the dating in the 90's. The region of Béarn, on the other hand, is more alike to Biscay, as the 90% (10 of 11 dates) of the dates were obtained in the last decade.

Moreover, it is remarkable the differences observed between the chronological ascription of the dates, as well as the number of individuals buried within the sites of the AWP region.

Dated human remains from the Mesolithic and Neolithic, in contrast to more recent periods, are poorly represented in the studied areas, with only 4 and 6 dates respectively. This study has provided one date ascribed to the Mesolithic (being the only one in Biscay), and one date for the Neolithic (that complements the one provided by Arias Cabal, 2012b). Even if there are few dates, the chronological study has been distributed to a greater extent in Gipuzkoa in Mesolithic ascriptions (2 of 4 dates) and Biscay in Neolithic ascriptions (4 of 6 dates). Comparing with nearby regions, it can be observed that there are also individuals with similar chronologies: for example, the Neolithic ascription in Los Cascajos site ($6,230 \pm 50$ B.P, $6,185 \pm 75$ B.P. and $5,945 \pm 95$ B.P.; Navarre; García Gazólaz et al., 2011) and the Late Neolithic/Early Chalcolithic ascription in San Juan Ante Portam Latinam site, although the latter dates are normally excluded as these dates were recovered during the first excavation and analysed in a different laboratory ($5,070 \pm 150$ B.P. and $5,020 \pm 140$ B.P.; Álava/Araba; Etxeberria and Vegas, 1988; Armendariz, 2007; Fernández-Crespo et al., 2018). This situation is not found in the megalithic structures of the AWP, as there are not dates of the same chronology in Gipuzkoa (Table 3.4) and there is a lack of human remains in Biscay. In nearby regions like Álava/Araba, an example of Neolithic chronology can be found in one individual from Los Llanos ($5,190 \pm 120$ B.P.;

Fernández-Eraso et al., 2016).

In the case of Chalcolithic and Bronze Age, the data is more numerous, with 32 and 25 dates respectively. The present study has provided two new dates for each period. Biscay is the province with more dates associated to the Chalcolithic with 12 dates, followed by the region of Béarn with 10 dates. This situation has also happened in other regions like Álava/Araba, where there are some sites with individual dates from the same chronology: Las Yurdinas II cave ($4,290 \pm 40$ B.P., $4,360 \pm 40$ B.P. and $4,390 \pm 80$ B.P. among others; Fernández-Eraso, 2003) and Peña Larga ($4,550 \pm 40$ B.P. and $4,470 \pm 160$ B.P.; Fernández-Eraso, 1997; Fernández-Eraso and Mujika, 2013). Moreover, it is relatively easy to find individuals ascribed to this period in megalithic structures, as these were still in use (see section 1.1.2.3 and section 1.1.2.5). In Gipuzkoa some examples can be observed in Praalata ($4,470 \pm 70$ B.P.; Mujika and Edeso, 2011; Table 3.4) or in Mandubi Zelaia ($4,585 \pm 40$ B.P., $4,560 \pm 50$ B.P. and $4,460 \pm 50$ B.P.; Mujika, 2007-2009). In Álava/Araba, there are also a high number of dates obtained in megaliths, such as San Martín ($4,800 \pm 40$ B.P.; Galilea, 2009) or some of the dates in Alto de la Huesera (e.g., $4,520 \pm 30$ B.P., $4,390 \pm 30$ B.P. and $4,350 \pm 30$ B.P. among others; Fernández-Eraso and Mujika, 2013).

In the case of the Bronze Age, Biscay is also the province that has provided the most information, with 18 dates. Even if the use of the megalithic structures decreased during this period (see section 1.1.2.5), it is possible to find human remains from this chronology in Gipuzkoa, like in Arraztarangaña ($3,515 \pm 35$ B.P.; Mujika, 2017; Mujika-Alustiza et al., 2017) and Etxegarate ($3,435 \pm 40$ B.P., $3,375 \pm 40$ B.P. and $3,360 \pm 45$ B.P. among others; Mujika, 2007-2009; Table 4.4). In Álava/Araba the same situation can be observed in El Montecillo ($3,920 \pm 40$ B.P.; Fernández-Eraso and Mujika, 2013) and some of El Sotillo dates ($3,550 \pm 30$ B.P., $3,430 \pm 30$ B.P. and $3,380 \pm 30$ B.P.; among others).

Overall, it can be observed that in more recent periods of the Recent Prehistory the sites were more intensely used: in Chalcolithic and Bronze Age periods there is a larger number of sites ascribed to their chronology, and at the same time, more individuals buried within them. Therefore, it is easier that the number of total dates gathered in these periods is also greater than in Mesolithic and Neolithic. Moreover, Chalcolithic is highlighted for presenting more burials than the other periods, being some of them exclusively of this period and even reaching 100 individuals.

3.6.2 Chronological context in AWP

Considering the archaeological evidence available in the AWP, it can be said that in the region, there are examples of both diachronic use and also of (relatively) synchronic collective burials during the Recent Prehistory (Garcia-Sagastibeltza et al., 2020b; and references therein).

Sites like Santimamiñe ($n = 9$) or Marizulo ($n = 5$) are examples of more prolonged use of the cavity in funerary terms during the Recent Prehistory, although the first one is along with Lumentxa and Atxuri-I the site with the longest use. The site of Santimamiñe in Biscay shows a spanning use in the Early Neolithic, Bronze Age and Roman Age periods, while Marizulo from the Neolithic until the Chalcolithic (Figure 3.11 and Figure 3.12). In the case of Navarre and Béarn, sites like Grotte de garli ($n = 4$) and Padre Areso ($n =$ at least 2) present a lower use of the cavity, limited in the first case to the Chalcolithic and Bronze Age and Padre Areso to the Bronze Age and Middle Ages (Figure 3.13).

Moreover, there are other sites that also show a more synchronic use of the cavity. While not synchronous strictly speaking, these accumulations occurred during a relatively shorter time with a more intense use than at the former sites. In Biscay, this situation can be observed in Txotxinkoba ($n = 14$), Pico Ramos ($n = 104$) or Urratxa ($n = 12$; Figure 3.11). The first two examples are only ascribed to the Chalcolithic, while the latter to the Bronze Age. Independently of the chronological ascription, it can be observed that the cavities have been more frequently used in a relatively shorter period of time, contrary to the situation observed in Lumentxa and Atxuri-I. In Gipuzkoa, Urtao II ($n = 9 + 42$) and Urtiaga ($n = 25$) present also a limited use during Chalcolithic and Bronze Age periods respectively (Figure 3.12).

Lastly, in the remaining two regions, some examples can be observed in Abautz ($n > 100$), Houn de Laà ($n = 15$) or Bordelela 1 ($n = 7$), where the three sites are restricted to a more exhaustive use only during the Chalcolithic (Figure 3.13).

However, there are cases of sites with a relatively high minimum number of individuals with only one direct date, which makes more difficult this kind of assessment. This prevents from knowing whether these sites present a more diachronous use during several periods or a synchronous use during one certain period. This situation can be observed in sites like Lacilla II ($n = 57$) in Biscay and Iruaxpe I ($n = 15$) and Nardakoste IV ($n = 14$) in Gipuzkoa.

Nevertheless, a larger number of sites show a single use, with only 1 individual buried. The presence of 1 individual indicates the occasional use of the cavities for funerary purposes, as only one event has been recorder. These cases could be related to

habitational use of the cavities that have derived in a single moment of sepulchral use, as it has been registered in Abittaga (Rios-Garaizar et al., 2020).

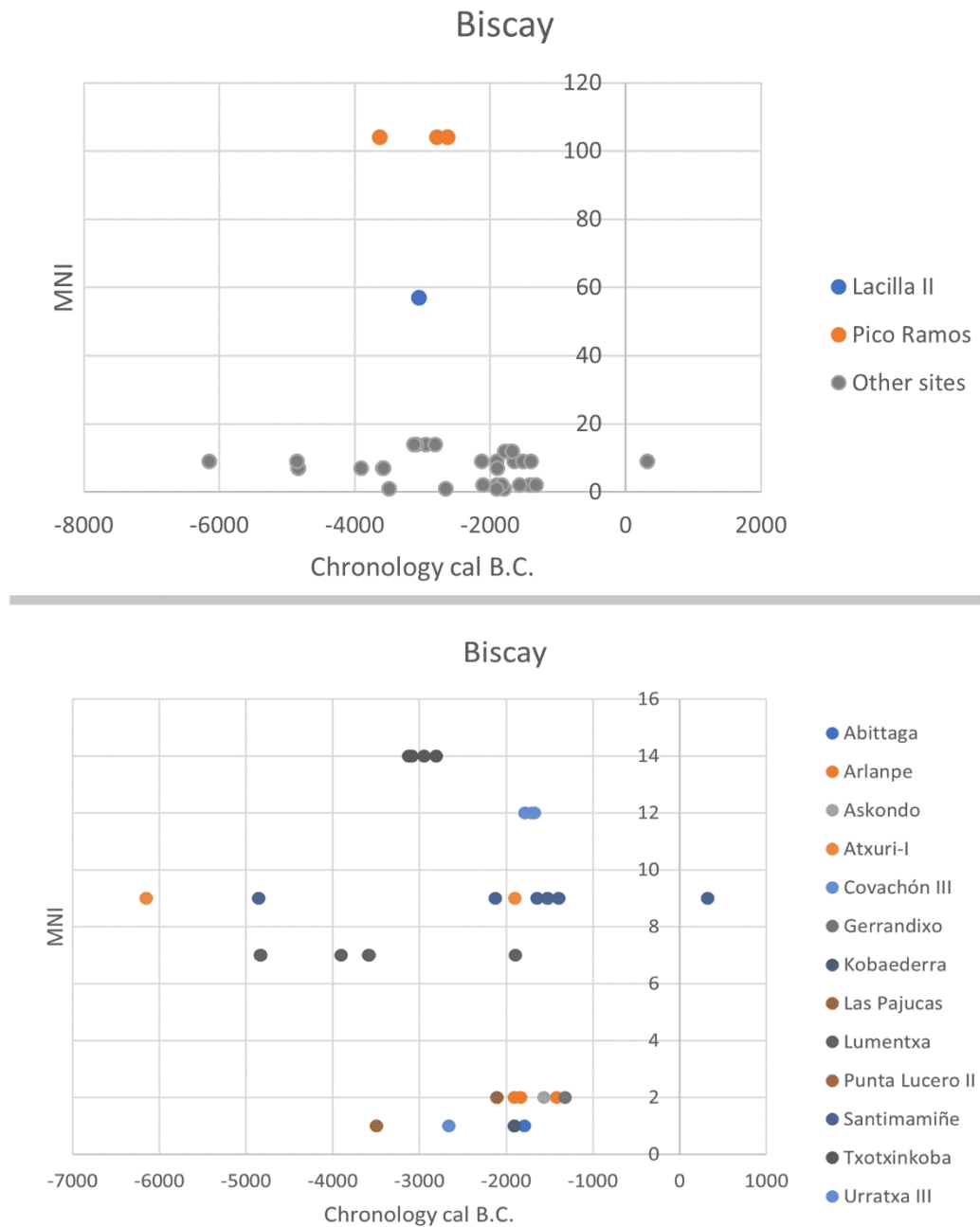


Figure 3.11. Representation of ^{14}C dates made in human bones from sites in the province of Biscay. Upper figure corresponds to a general view, while lower figure shows a zoom of sites with low minimum number of individuals (MNI).

Table 3.4. Radiocarbon dates of human remains from megalithic structures in the province of Gipuzkoa.

Site	Method	Sample	Laboratory reference	Radiocarbon date (B.P.)	Calibrated date B.C.E. (95.4%)	Minimum number of individuals	Age-at-death	Reference
Arraztarangaita	C14 AMS	Human bone	GrA-34322	3,515 ± 35	1,939-1,743	5	2 infants and 3 adults	Mujika, 2017; Mujika-Alustiza et al., 2017
	C14	Human bone	Method uncertain. Presumably C14 - sample type and date notation.	4,540 ± 40	3,370-3,098			
	C14	Human bone	Ua-35429	4,365 ± 40	3,095-2,899			
	C14	Human bone	Ua-37369	3,715 ± 40	2,276-1,977			
	C14	Human bone	GrA-24203	3,510 ± 40	1,943-1,699			
	C14	Human bone	GrA-29996	3,505 ± 40	1,939-1,697			
	C14	Human bone	Ua-37368	3,435 ± 40	1,879-1,624			
	C14	Human bone	Ua-35428	3,375 ± 40	1,862-1,535			
	C14	Human bone	GrA-24207	3,360 ± 45	1,748-1,517			
	C14	Human bone	Ua-35431	3,300 ± 40	1,686-1,460			
Etzegarate	C14	Human bone	Ua-37367	3,070 ± 30	1,417-1,236			
	C14	Human bone	GrA-24204	2,715 ± 45	977-800			
								Mujika, 2007-2009

Site	Method	Sample	Laboratory reference	Radiocarbon date (B.P.)	Calibrated date B.C.E. (95.4%)	Minimum number of individuals	Age-at-death	Reference
Mandubi Zelaia	C14 AMS	Human bone	Ua-35042	3,520 ± 35	1,941-1,746			
	C14 AMS	Human bone	I-19024	3,420 ± 80	1,925-1,518			
	C14 AMS	Human bone	I-19025	3,080 ± 80	1,506-1,116			
Ondarre	C14 AMS	Human bone	Beta-350136	3,260 ± 30	1,613-1,450	4	2 subadults (18 ± 6 months and 7 ± 2 years old), 1 young adult (20-30 years old) and 1 adult (40-50 years old)	Fernández-Crespo et al., 2016; Mujika-Alustiza et al., 2017
	C14 AMS	Human bone	Beta-327176	2,620 ± 30	827-772			
Praalata	C14	Human bone	Method uncertain. Presumably C14 - sample type and date notation.	4,470 ± 70	3,360-2,928	-	-	Mujika and Edeso, 2011

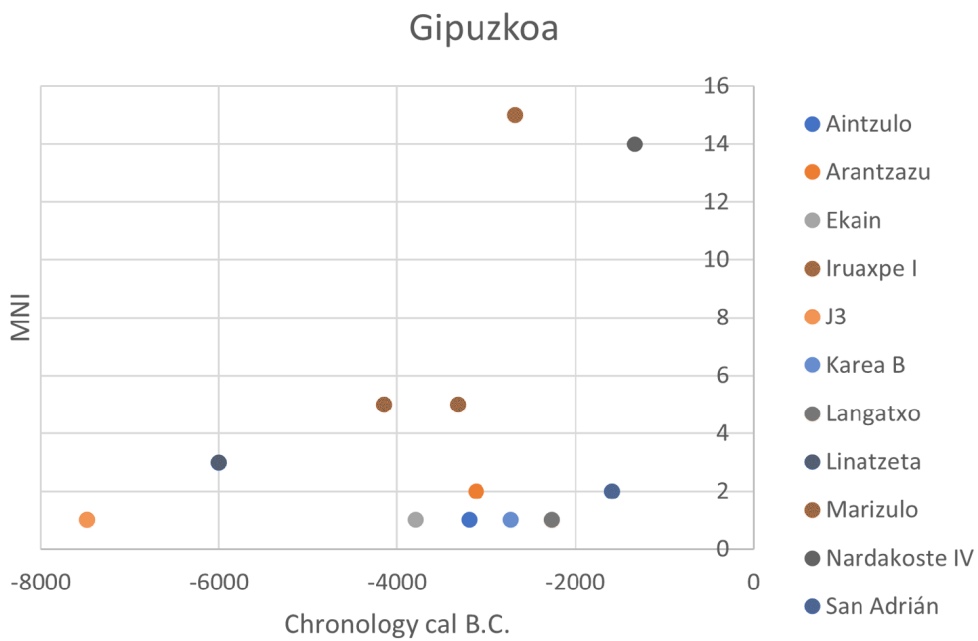
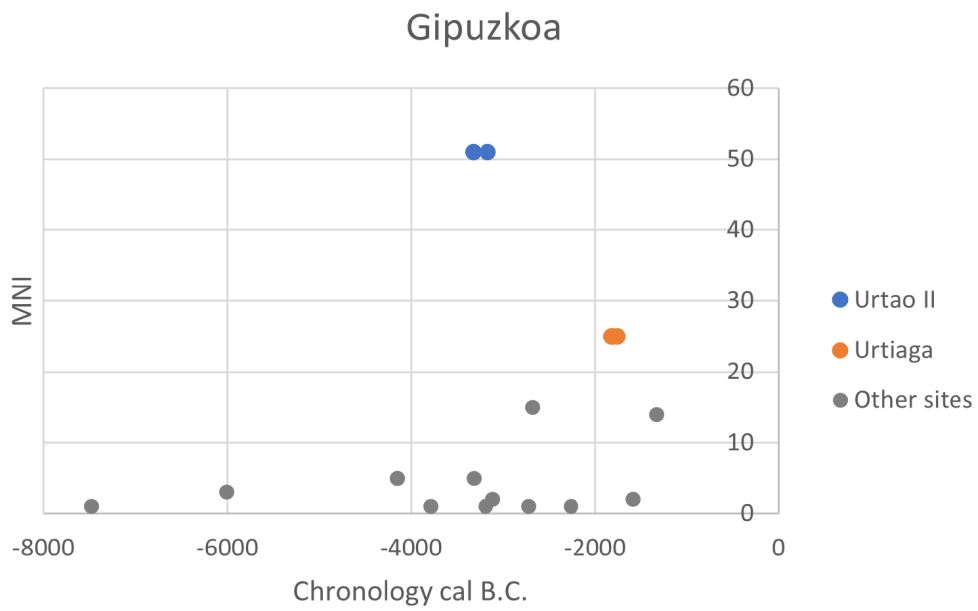


Figure 3.12. Representation of ¹⁴C dates made in human bones from sites in the province of Gipuzkoa. Upper figure corresponds to a general view, while lower figure shows a zoom of sites with low minimum number of individuals (MNI).

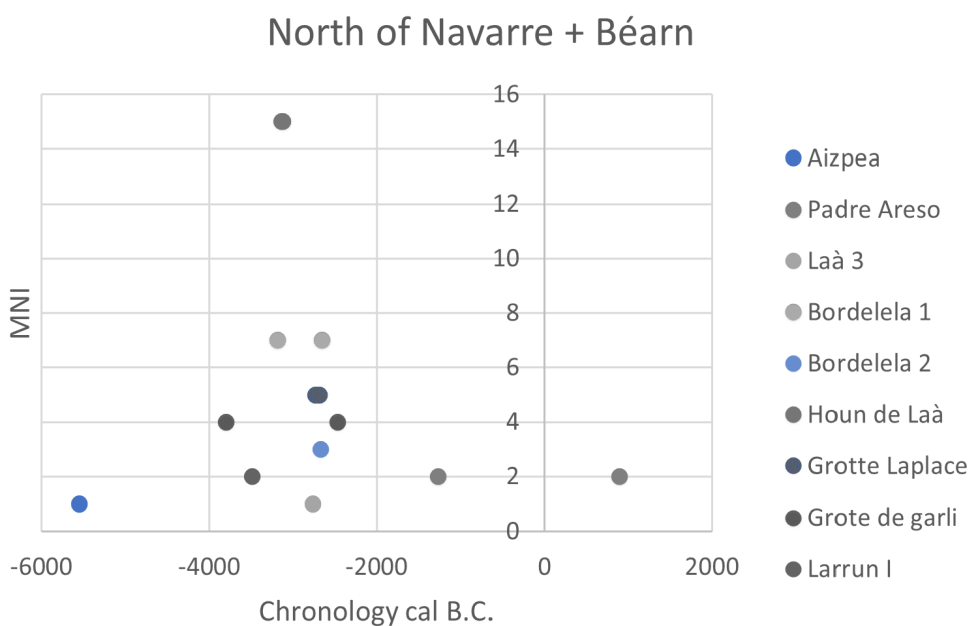
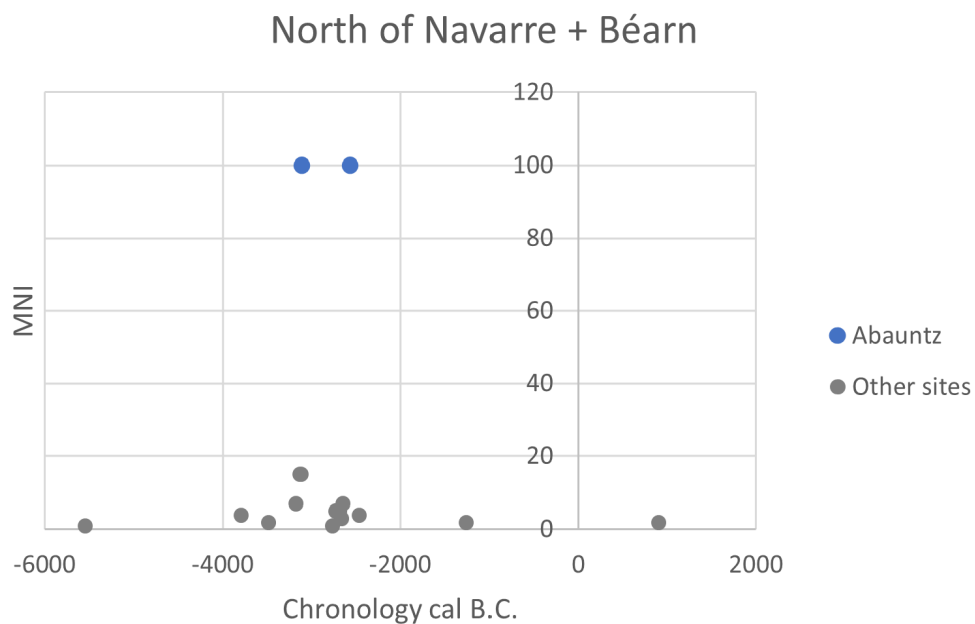


Figure 3.13. Representation of ^{14}C dates made in human bones from sites in the provinces of Navarre and Béarn. Upper figure corresponds to a general view, while lower figure shows a zoom of sites with low minimum number of individuals (MNI).

Regarding the megalithic structures, both diachronic and synchronic uses are represented in Gipuzkoa, but the funerary use was not as extended in time as observed in some of the sites (e.g., Atxuri-I, Lumentxa or Santimamiñe). The main issue with these structures is that in some cases the minimum number of individuals buried within them is unknown, which complicates the assessment. There are some megaliths like Etxegarate, Larrarte (n = at least 12) or Ondarre (n = 4; Table 3.4) that indicate different funerary use during the Recent Prehistory: Etxegarate shows a low frequency use of the structure from the Chalcolithic until the Iron Age, Larrarte has been used sepulchrally from the Chalcolithic to the Bronze Age and Ondarre has a funerary use during the Late Bronze Age and Iron Age. On the other hand, other megaliths like Arraztarangaña or Praalata show a single funerary use during the Recent Prehistory, indicating their synchronic nature.

3.6.3 Chronological context in nearby regions

Near the AWP, the best example of mass burial practices occurring over a relatively short period of time can be observed in San Juan Ante Portam Latinam (Biasteri, Araba, in the Mediterranean watershed), which is a rock-shelter of 338 individuals where the individuals dated were buried within a short period of time during the Late Neolithic/Early Chalcolithic (18 dates, Vegas et al., 1999; Fernández-Crespo et al., 2018).

Although it has been debated (de la Rúa et al., 1995), this burial has been interpreted by most authors as a single event related to a massacre since many of the skeletons showed evidence of violence (Etxeberria and Vegas, 1988; Etxeberria and Herrasti, 2007; Fernández-Crespo, 2007). Nevertheless, there is also evidence of attritional burials before or after said single event, suggesting a combination of both events (Fernández-Crespo et al., 2018).

This is consistent with previous studies of sites from the same region (Armendariz and Etxeberria, 1983; Ontañón and Armendariz, 2005; Fernández-Crespo and de la Rúa, 2015, 2016). For example, in other sites like Las Yurdinas II (n = 90; Fernández-Eraso, 2003) or Peña Larga (n = 31; Fernández-Eraso, 1997; Fernández-Eraso and Mujika, 2013) present also a large number of individuals inhumed in a relatively short period of time during the Chalcolithic only.

In the case of megalithic structures in Álava/Araba, the information is more complete than in Gipuzkoa. The majority of the megaliths like Los Llanos (n = around 100; Castañeira Pérez, 2014-2015; Fernández-Eraso et al., 2016), El Sotillo (n = 13; Etxeberria, 1991; Fernández-Eraso and Mujika, 2013) or El Alto de la Huesera (n =

80+26; Fernández-Eraso and Mujika, 2013; Fernández-Eraso et al., 2016; Fernández-Crespo and de la Rúa, 2015), show a prolonged use of these structures during the Recent Prehistory: Los Llanos was used from the Neolithic to the Chalcolithic, El Sotillo from the Chalcolithic to the Iron Age and El Alto de la Huesera from the Late Neolithic/Early Chalcolithic to the Bronze Age.

3.6.4 Additional parallels in the Iberian Peninsula

Sepulchral caves from the Holocene are usually archaeological palimpsests, demonstrating recurrent use over long time periods, sometimes with evidence of clearing activities.

The Iberian Peninsula has an extensive record of caves being used for funerary purposes in different periods, as does the AWP as demonstrated by the dates compiled in this doctoral dissertation.

Moreover, some caves were not only used for funerary purposes, but present evidence of different uses at different points in time. In this sense, like in Lumentxa, caves like Can Sadurní (Begues, Barcelona) present different layers of burials from different Holocene periods which alternated with habitation and penning (Blasco et al., 2005, 2011; Edo et al., 2019), and in Cueva de Chaves (Bastarás, Huesca) the habitation and burial areas are horizontally separated only by a few metres (Sánchez Cebrián, 2015; Utrilla and Laborda, 2018).

At Cova Bonica (Vallirana, Barcelona), there is evidence of use both as a burial place during the Cardial Neolithic and also for habitation and penning at different times (Oms et al., 2017; Daura et al., 2019).

El Mirador cave (Ibeas de Juarros, Burgos) is also of special interest, as it has three different burials ascribed to Chalcolithic and Bronze Age periods (Vergès et al., 2008, 2016 among others). Apart from the sepulchral use, there is evidence of cannibalism rituals in the Bronze Age from this site (Cáceres et al., 2007; Gómez Sánchez et al., 2014; Marginedas et al., 2020).

Finally, some stratigraphies are easier to understand and interpret, while others present more complexities and mixed levels: this is the case of sites like Gruta do Caldeirão, where the Neolithic burials appear mixed with Palaeolithic artefacts (Zilhão, 1992, 2001). In this sense, the repeated use of the caves over long periods, and the creation of burial pits for funeral purposes may alter already complex stratigraphies.

In the Iberian Peninsula, caves that were fully excavated at the beginning of the 20th century or in the 1960's due to quarry activities or construction of water dams are abundant, as is the case of Atxuri-I. The salvage excavation of the Cova del Pantà de Foix (Castellet i la Gornal, Barcelona) was performed in 1926 before the construction of a dam.

Direct dating of four individuals suggests a consistent funerary use of the cave for a limited time during the Chalcolithic (Cebrià et al., 2013; Subirà et al., 2016).

3.7 CONCLUSIONS

In the Atlantic Western Pyrenean area (AWP) more than 187 caves have been identified with human burials ascribed to the Holocene, but only in 38 sites the human remains have been dated (less than the 22,4%). A total number of 70 direct dates have been counted in the four regions that comprise the AWP, being Biscay the province with more dates (36 of 70 dates), representing the half of the total dates. The majority of the dates are ascribed to the Chalcolithic and Bronze Age periods, with 32 dates and 25 dates respectively. This coincides with the presence of more individuals in sites of these two chronologies, especially in Chalcolithic periods: e.g., Pico Ramos (n = 104; Biscay) or Abauntz (n > 100; Navarre).

From the sites for which the anthropological study is done in this volume, two of them (Lumentxa and Atxuri-I) present a large range of chronologies within the Recent Prehistory, while the only individual of Abittaga is ascribed to the Bronze Age. In the case of 4 (out of 7) individuals from Lumentxa, they have been dated to the Early Neolithic, Neolithic, Chalcolithic and Bronze Age; and 2 of the 9 individuals of Atxuri-I have been dated and ascribed to the Mesolithic and Bronze Age. Therefore, the present work provides the first Mesolithic and Neolithic date in human bones from the province of Biscay, as well as the second date ascribed to the Early Neolithic.

The comparison of the number of individuals inhumed and their chronological framework provide information about the type of sepulchral use of the sites. First, there is a high number of cave sites with a single funerary use, as they only present 1 individual buried (e.g., Covachón III, Aintzulo, Aizpea or Laà3). This is also the case for Abittaga. Second, sites with a low number of individuals tend to present a diachronic use of the cavities with long chronologies (e.g., Santimamiñe or Marizulo). This is the case of Lumentxa and Atxuri-I. Finally, sites with many individuals have been used with a high frequency during a relatively short period of time, indicating a more synchronous use (e.g., Txotxinkoba, Urtao II, Pico Ramos or Abauntz). However, there are sites with moderate/

high number of individuals with only one date, which prevents fully knowing the true chronological framework of the funerary use of these sites (e.g., Lacilla II, Iruaxpe I or Nardakoste IV).

Finally, despite an increase in the last years, the number of dates in the Atlantic Western Pyrenean area, compared to the number of buried individuals, is scarce, so additional chronological studies are necessary, in order to increase the dating human remains from both caves and megalithic structures.

Three human humeri (upper arm bones) are displayed vertically against a textured, aged, light-brown background. The bones are arranged from left to right, showing different views or specimens. Each bone has a rounded head at the top and a flared, jointed end at the bottom. The middle bone is slightly shorter than the other two.

CAPÍTULO 4

Estudio antropológico de los restos humanos de los yacimientos de Abittaga, Atxuri-I y Lumentxa (Bizkaia) y El Mirador (Sierra de Atapuerca, Burgos)

ÍNDICE

4.1-BREVE SÍNTESIS DE LOS ESTUDIOS REALIZADO SOBRE POBLACIONES PREHISTÓRICAS EN EL PAÍS VASCO.....	99
4.2-OBJETIVOS.....	105
4.3-MATERIAL.....	107
4.4-METODOLOGÍA.....	108
4.4.1- Inventario, número de restos (NR), número mínimo de elementos (NME) y número mínimo de individuos (NMI).....	108
4.4.2-Edad de muerte.....	109
4.4.3-Sexo.....	114
4.4.4-Estatura.....	116
4.4.5-Masa corporal.....	119
4.4.6-Presencia de patologías.....	121
4.5-RESULTS.....	122
4.5.1-Abittaga.....	122
4.5.2-Atxuri-I.....	127
4.5.3-Lumentxa.....	135
4.5.4-El Mirador.....	159
4.6-DISCUSSION.....	164
4.6.1-Skeletal representation.....	164
4.6.2-Age-at-death and sex in PAO.....	167
4.6.3-El Mirador.....	171
4.6.4-Stature and body mass.....	173
4.7-CONCLUSIONS.....	183

4.1 BREVE SÍNTESIS DE LOS ESTUDIOS REALIZADO SOBRE POBLACIONES PREHISTÓRICAS EN EL PAÍS VASCO

Los restos humanos recuperados en yacimientos de la vertiente atlántica de los Pirineos Occidentales han sido de interés para el estudio antropológico, si bien el enfoque dado ha ido variando a lo largo del tiempo. A finales del siglo XIX, investigadores europeos como Paul Broca, Jean Louis Armand de Quatrefages y Rudolph Virchow se enfocaban en el estudio de la craneometría (cuantificación métrica del cráneo), con la finalidad de esclarecer la procedencia del pueblo vasco. Estos estudios señalaban que los individuos vascos presentan cráneos dolicocefalos, presencia de cara larga y afilada y sienes abultadas (de la Rúa, 1990; Calderón y Rebato, 1997).

A partir de 1919, los primeros estudios antropológicos realizados por investigadores vascos estaban relacionados con las excavaciones arqueológicas llevadas a cabo por Telesforo de Aranzadi, José Miguel de Barandiarán y José Enrique Eguren (de la Rúa et al., 2005; de la Rúa y Hervella, 2019), que también se centraban en la craneometría (p. ej., Santimamiñe y Lumentxa; Aranzadi, 1929; Figura 4.1). En concreto, Aranzadi (1922) describió la morfología del “tipo humano” que habitaba en el País Vasco, en base a los cráneos hallados en Urtiaga o Santimamiñe (de la Rúa, 1990; Calderón y Rebato, 1997). Para mediados de los años 30 se considera que la Antropología Física queda establecida en el País Vasco en términos de estudios métricos y morfológicos (de la Rúa et al., 2005).

Sin embargo, como consecuencia de la Guerra Civil, la actividad investigadora quedó paralizada hasta la década de 1950. En 1953, Barandiarán volvió del exilio y pudo retomar su labor investigadora, reanudando u iniciando nuevas excavaciones que proporcionaron restos humanos de distintas cronologías (Altuna, 1990; de Arregi, 1994). A partir de 1960 se recuperan las investigaciones antropológicas, donde destacaron investigadores como José María Basabe, Miguel Fusté, Paulette Marquer o Raymond Riquet entre otros (de la Rúa et al., 2005; de la Rúa y Hervella, 2019).

Durante esta época se complementaron los estudios craneométricos con estudios de restos postcraneales (Calderón y Rebato, 1997). Basabe contribuyó a la introducción de la Antropología Física en el ámbito universitario y continuó con la tradición intelectual de Aranzadi (de la Rúa et al., 2005), destacando sus trabajos sobre los restos humanos de los yacimientos de Lezetxiki, Axlor, Marizulo y Gobaederra y de las estructuras megalíticas de Peciña y Alto de la Huesera entre otros (Basabe, 1962, 1966, 1967, 1970, 1971, 1973). Fusté (1966), a su vez, elaboró las visiones sintéticas de las poblaciones prehistóricas pirenaicas, centrándose en la definición del tipo pirenaico occidental (de la Rúa, 1990).

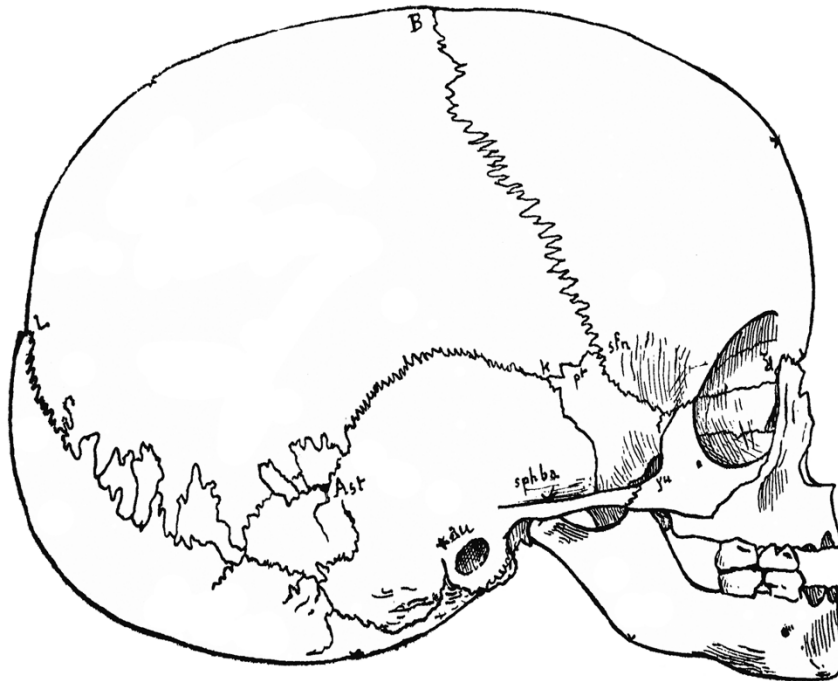


Figura 4.1. Dibujo de un cráneo infantil del yacimiento de Lumentxa estudiado por Aranzadi (1929).

Riquet (1962, 1966), vinculado con Barandiarán y Basabe en el País Vasco, realizó los estudios de los restos humanos de Urtiaga y de diversos dólmenes alaveses (de la Rúa et al., 2005). Por último, Marquer (1963) indicó que “el tipo vasco actual por su morfología craneal, se acerca inequívocamente a la raza mediterránea, de la que debe representar una de sus variedades” (sensu de la Rúa y Hervella, 2019).

A partir de la década de 1980, se incorporan nuevos métodos de análisis y nuevas aportaciones de diversas disciplinas, como forma complementaria a los estudios osteológicos clásicos (de la Rúa et al., 2005). Ejemplo de ello son la introducción de análisis estadísticos multivariantes para analizar las medidas craneales (p. ej., de la Rúa y Basabe, 1983; de la Rúa, 1985) o la aplicación de estudios biomoleculares (p. ej., Calderón, 1988).

A partir de la misma década, empezaron a cobrar importancia los estudios paleopatológicos (p. ej., Etxeberria, 1984, 1986; Campillo, 1993), que permiten obtener información sobre el modo de vida y el estado de salud de los individuos de una población (de la Rúa, 1990; Etxeberria, 1990). Destacan, como base fundamental, el estudio realizado sobre los restos humanos de yacimientos del Calcolítico y Edad de Bronce en Gipuzkoa (Armendariz y Etxeberria, 1983) y el primer estudio realizado con metodología específica (Etxeberria, 1984), a los que siguieron más estudios paleopatológicos (p. ej.,

Gobaederra, Iruaxpe I; Etxeberria, 1986, 1987). De manera complementaria, los análisis paleo-forenses han permitido conocer la causa de la muerte de los individuos estudiados (p. ej., San Juan Ante Portam Latinam; Vegas et al., 1999; Fernández-Crespo et al., 2018). En regiones aledañas, destaca la realización de estudios tafonómicos, como es el caso del yacimiento de El Mirador: la presencia de marcas de corte y fracturación de los huesos para obtener el tuétano indica la presencia de canibalismo durante la Edad de Bronce (Cáceres et al., 2007; Gómez Sánchez et al., 2014; Marginedas et al., 2020).

En la actualidad, muchos estudios antropológicos incorporan los análisis tafonómicos, paleopatológicos y/o paleoforenses (p. ej., San Juan Ante Portam Latinam, Aizibita, Santimamiñe, Punta Lucero II, Covachón III; Fernández-Crespo, 2007; Beguiristain, 2011; Herrasti y Etxeberria, 2011; Gómez-Olivencia et al., 2015).

Por otro lado, los análisis de isótopos (p. ej., Baraybar y de la Rúa, 1995; de la Rúa et al., 2001; Arias Cabal, 2005, 2012b) permiten abordar el tipo de dieta de las poblaciones del pasado. La concentración de los isótopos de carbono 13 ($\delta^{13}\text{C}$) y nitrógeno 15 ($\delta^{15}\text{N}$) en el colágeno proporciona información acerca del tipo de alimentación. El estudio de la proporción de los isótopos del carbono ayuda a conocer si las dietas presentaban aporte marino y/o terrestre a través de la determinación del peso de las proteínas ingeridas, diferenciando el origen de plantas con actividad fotosintética diferente (C_3 y C_4) y de animales (Arias Cabal, 2005; Villalba-Mouco et al., 2018). La proporción de los isótopos del nitrógeno, a su vez, indica el nivel que ocupó el individuo estudiado en la cadena trófica, ayudando a conocer la procedencia terrestre o marina del alimento (Sarasketa-Gartzia et al., 2018).

Muchos de los estudios se han realizado en poblaciones adscritas al Mesolítico o al Neolítico, para evaluar la diferencia de la aportación marina en las dietas en función de la cronología (Arias Cabal, 2005, 2012b). Estudios centrados en muestras de diferentes etapas del Neolítico y el Calcolítico Inicial muestran que, a partir del Neolítico, las poblaciones presentan un alto aporte terrestre en la dieta procedente de animales y plantas C_3 (Fernández-Crespo et al., 2016; Fernández-Crespo y Schulting, 2017; Villalba-Mouco et al., 2018): se observan cambios en el patrón de la dieta entre el Neolítico Inicial/Medio y el Neolítico Final en el centro-norte de la península (Fernández-Crespo et al., 2019). El estudio de Fernández-Crespo et al. (2021) en el Alto de la Huesera ha mostrado una diacronía en la estrategia de subsistencia asociada a cambios demográficos y funerarios entre el Neolítico Final/Calcolítico Inicial y los periodos posteriores. En el caso de algunas poblaciones mesolíticas (p. ej., J3 y Colomba), el aporte marino en la dieta fue mayor debido a la cercanía a la costa: en el caso de Lumentxa indica una continuidad del tipo de dieta durante el Neolítico Inicial (Arias Cabal, 2012b; Cubas et al., 2016; Arias y Cubas,

2018). En yacimientos mesolíticos más lejanos de la costa (p. ej., Los Canes), el aporte de origen terrestre fue mayor (Arias Cabal, 2005).

Estudios más recientes han utilizado la proporción de los isótopos de estroncio ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$), que permite estudiar los patrones diacrónicos de movilidad debido a la variación de su concentración en función de la localización (p. ej., de Aranburu-Mendizabal et al., 2018; Sarasketa-Gartzia et al., 2018). El análisis de las poblaciones de Santimamiñe y Pico Ramos (Bizkaia) y Karea B (Gipuzkoa) mostraba que el individuo de este último yacimiento era de procedencia local, mientras que en los dos yacimientos bizkaínos hubo individuos no locales durante las diferentes ocupaciones, posiblemente provenientes del norte de los Pirineos Navarros.

Por último, merecen especial atención los estudios sobre ADN antiguo (ADNa), que permiten ahondar en los orígenes y movimientos poblacionales de la Prehistoria Reciente, tanto en los Pirineos Occidentales como en regiones aledañas.

En base a los análisis de ADN antiguo (ADNa), las poblaciones europeas contemporáneas pueden considerarse como una mezcla genética de tres poblaciones antiguas: cazadores-recolectores del oeste de Europa, poblaciones neolíticas provenientes de Anatolia y pastores de la estepa (Yamnaya; Mathieson et al., 2015).

Los estudios, tanto de ADN antiguo (ADNa) como de ADN mitocondrial (ADNmt), permiten clasificar las diferentes migraciones de la siguiente manera:

- En el Neolítico, hubo un movimiento poblacional de un grupo procedente de Anatolia que entró en la península ibérica por la costa mediterránea (Figura 4.2, Valdiosera et al., 2018). Las sutiles diferencias observadas con las muestras del Centro de Europa indican la existencia de un grupo ancestro común previo a su separación en los dos grupos que migraron hacia el Centro de Europa y la península ibérica (Mathieson et al., 2015). La mezcla genética de este grupo con las poblaciones cazadoras-recolectoras autóctonas conllevó al aumento de su diversidad genética (Günther et al., 2015; Szécsényi-Nagy et al., 2017).
- En el Neolítico Final-Calcolítico hubo un movimiento migratorio asociado a la cultura campaniforme, añadiendo una mayor complejidad genética (Gómez-Sánchez et al., 2014). Se ha demostrado la presencia de afinidad entre poblaciones de la zona mediterránea y la meseta con poblaciones sub-saharianas (p. ej., González-Fortes et al., 2019).
- Durante la Edad de Bronce hubo una gran migración desde la estepa póntica, llevada a cabo por los Yamnaya. Su influencia en la península ibérica fue menor

que en el Centro de Europa (Mathieson et al., 2015; Valdiosera et al., 2018). El estudio sobre poblaciones del sureste de la península sitúa este movimiento migratorio en el 2.400 cal B.C.E. en zonas del norte y del centro de la península y en el sureste aproximadamente en el 2.200 cal B.C.E. En concreto, la población del Argar estaría formada por la mezcla genética de poblaciones calcólicas del sureste de la península con ascendencia del norte de Irán procedente del flujo continuado con grupo de la Edad de Bronce del Mediterráneo y grupos migrantes con linaje de la estepa (Valdiosera et al. 2021). Por otro lado, la presencia de ganado con haplogrupo T3 (de origen europeo) y T1 (posiblemente de origen africano) en el yacimiento de El Portalón (Sierra de Atapuerca; Anderung et al., 2005) sugiere que había transporte de reses a través del estrecho de Gibraltar.

- En general, después del Neolítico, las variaciones genéticas se debieron más a causa de las interacciones de los grupos residentes de la península que de migraciones desde Europa (Szécsényi-Nagy et al 2017; Valdiosera et al., 2018).

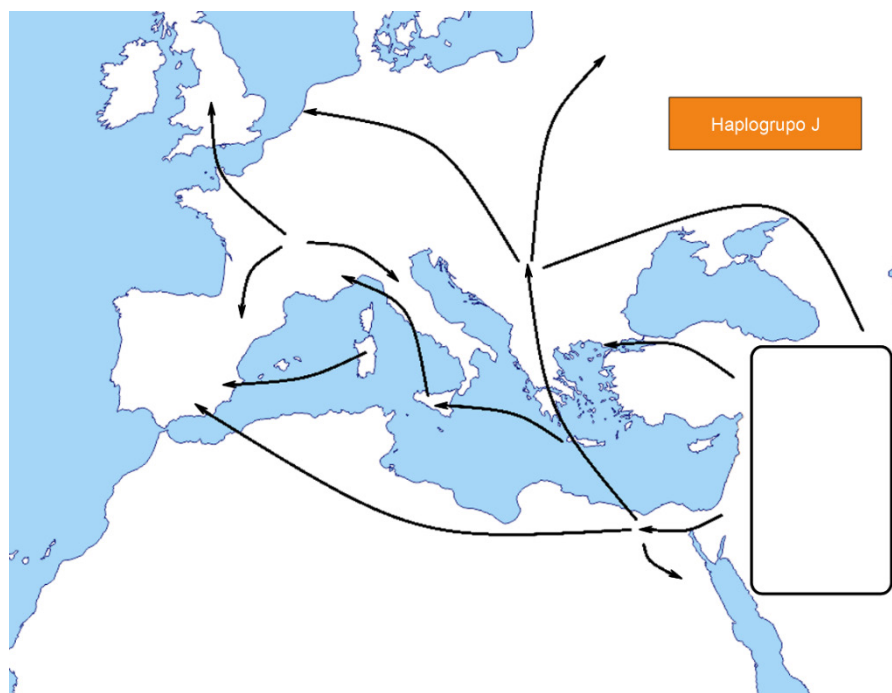


Figura 4.2. Expansión del haplogrupo J de ADN mitocondrial durante el Neolítico, que muestra la difusión de la cultura neolítica (basado en de la Rúa y Hervella, 2019).

En el País Vasco, el primer estudio realizado sobre ADN mitocondrial (ADNmt) fue el de Izagirre y de la Rúa (1999), que estudiaron la composición genética de las poblaciones de los yacimientos de San Juan Ante Portam Latinam (Laguardia, Álava/Araba), Longar (Viana, Navarra), Pico Ramos (Muskiz, Bizkaia) y Urratxa (Orozko, Bizkaia). En estudios posteriores, las muestras estudiadas fueron en aumento (Figura 4.3).

En estas poblaciones de la Prehistoria Reciente los haplogrupos H, J, K y U estaban presentes, mientras que los haplogrupos I, V y W no fueron detectados. En poblaciones recientes de Gipuzkoa, el haplogrupo V está presente con una frecuencia del 20%.

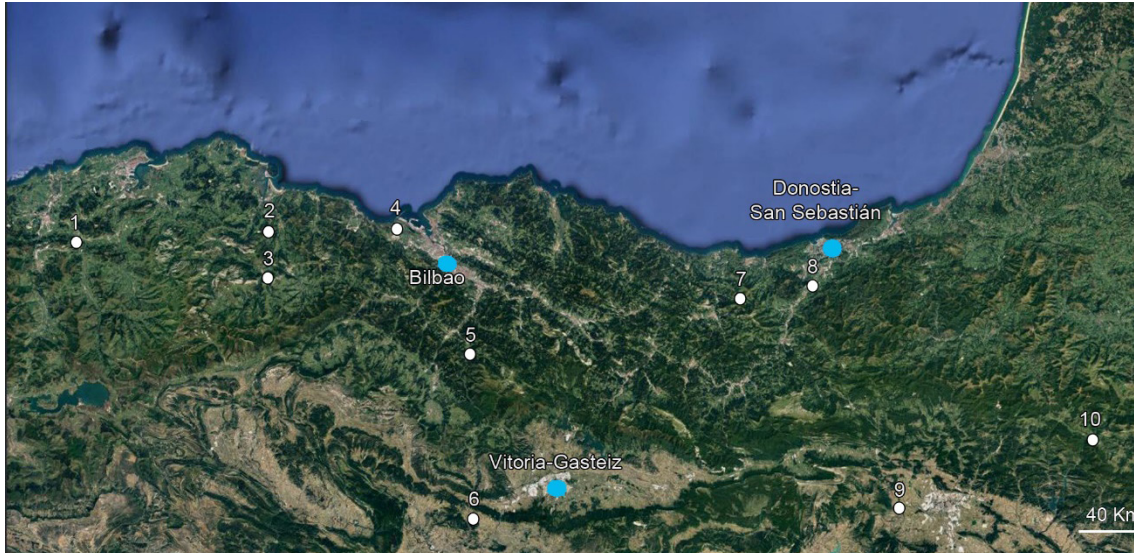


Figura 4.3. Localización geográfica de las muestras empleadas en los estudios de genética del País Vasco, Cantabria y Navarra (modificado de de la Rúa et al., 2015). 1: La Pasiiega; 2: La Chora; 3: El Mirón; 4: Pico Ramos; 5: Urratxa III; 6: Fuente Hoz; 7: Erralla; 8: Marizulo; 9: Paternanbidea; 10: Aizpea. Los Cascajos, SJAPL and Longar están situados más al este y al sur del área que se muestra en el mapa.

Por tanto, este estudio refuta la hipótesis que situaba el origen de dicho haplogrupo hace 15.000-10.000 B.P., y su posterior expansión al Centro y Norte de Europa, considerándolo como un marcador de la recolonización desde el refugio franco-cantábrico (Hervella et al., 2012).

El haplogrupo H es el mayoritario en las muestras analizadas (Izagirre y de la Rúa, 1999), llegando a estar presente en un 45% de las muestras del Paleolítico y Prehistoria Reciente del País Vasco, Cantabria y Navarra (Figura 4.3; Hervella, 2010). Se ha hipotetizado su origen en el Próximo Oriente hace 17.500 B.P. (de la Rúa et al., 2010 y sus referencias), dándose su expansión por Europa durante el Paleolítico posiblemente debido a un proceso de recolonización.

A su vez, se ha observado que el haplogrupo J está presente en más del 15% en algunas de estas poblaciones prehistóricas (el porcentaje en poblaciones actuales es del 2,4%; Izagirre y de la Rúa, 1999; Alzualde et al., 2005 y sus referencias). Este haplogrupo es considerado de origen neolítico, indicando una influencia de dicho periodo en el País Vasco similar al de otras poblaciones europeas. Debido a que el aporte genético de este haplogrupo depende también de la influencia neolítica, las diferencias en el porcentaje entre distintas muestras podría indicar que el proceso de neolitización fue diferente en cada región (Hervella, 2010; de la Rúa et al., 2015).

En resumen, se observa la presencia de una gran variabilidad genética dentro de las poblaciones del País Vasco y zonas aledañas, donde algunos haplogrupos han ido aumentando su proporción (por ejemplo, el haplogrupo H), mientras que la presencia de otros ha ido disminuyendo (haplogrupos U e I; Hervella, 2010).

4.2 OBJETIVOS

El objetivo general de este apartado es aportar nuevos datos paleobiológicos (a excepción de los aspectos biomecánicos que serán tratados en el Capítulo 5) sobre las poblaciones de la Prehistoria Reciente en el norte de la península ibérica. En concreto, se van a estudiar los restos humanos de tres yacimientos de la vertiente atlántica de los Pirineos Occidentales, en la provincia de Bizkaia, y de la población calcolítica inhumada en El Mirador (Sierra de Atapuerca).

Los tres yacimientos seleccionados en Bizkaia son Abittaa, Atxuri-I y Lumentxa, para los que se dispone de nuevos datos cronológicos (ver apartado 3.5.1).

En estos tres yacimientos los objetivos específicos son (Tabla 4.1):

- Determinar la edad de muerte de los individuos inhumados en los tres yacimientos.
- Estimar la estatura y la masa corporal en los individuos que sea posible, a fin de comparar los resultados con otros yacimientos de la Prehistoria Reciente localizados en otras regiones de la península ibérica.
- Realizar un estudio *de visu* de posibles patologías que pueden presentar los distintos individuos, de forma que se pueda complementar la información paleobiológica disponible.

Por otro lado, se van a realizar una serie de estudios paleobiológicos en los individuos adultos de la población calcolítica inhumada en El Mirador (Sierra de Atapuerca; Tabla 4.1): determinación del sexo, estimación de la estatura y de la masa corporal, en base al estudio de ciertos huesos largos de individuos adultos.

Tabla 4.1. Tabla resumen de los objetivos y el material estudiado por yacimiento.

Yacimiento	Localidad	Número de restos	Restos humanos estudiados	Determinación de la edad de muerte	Determinación del sexo	Estimación de la estatura	Estimación de la masa corporal	Paleopatologías
Abiñtaga	Amoroto	32	Todos	X	X	X	N/A	N/A
Atxuri-I	Mañaria	387	Todos	X	X	X	X	X
Lumentxa	Leketio	227	Todos	X	X	X	X	X
El Mirador	Ibeas de Juarros	137*	Húmeros, fémures y tibias adultas	N/A	X	X	X	N/A

N/A= no aplicable por falta de restos con los que se pueda calcular la masa corporal o que presenten patologías.

*El número total está compuesto tanto por huesos largos completos e incompletos.

4.3 MATERIAL

Por un lado, se han estudiado todos los restos humanos recuperados de los yacimientos de Abittaga (n = 32), Atxuri-I (n = 366) y Lumentxa (n = 235) (Bizkaia; ver sección 2.1.1-2.1.3). Por otro lado, en el caso de El Mirador (Sierra de Atapuerca, Burgos; ver sección 2.1.4), este trabajo se ha centrado únicamente en ciertos huesos largos de individuos adultos: húmeros, fémures y tibias. Se han estudiado 137 huesos (88 completos y 49 incompletos; estando ambos lados representados de manera aproximadamente equitativa; Tabla 4.2) de los más de 3.745 restos humanos presentes en el enterramiento calcolítico (sector 200; Vergès et al., 2016).

Tabla 4.2. Número mínimo de elementos (NME) y número mínimo de individuos (NMI) estudiados en el yacimiento de El Mirador.

Región anatómica	Estado de preservación	Lado derecho	Lado izquierdo	Total	NMI	Criterio
Húmeros	Completo	12	10	22	17	Epífisis proximal derecha
	Incompleto	12	9	21		
Fémures	Completo	15	18	33	21	Cabeza femoral derecha
	Incompleto	8	7	15		
Tibias	Completo	15	18	33	19	Epífisis proximal izquierda
	Incompleto	8	5	13		
Total completos		42	46	88		
Total incompletos		28	21	49		
Total		70	67	137		

Por tanto, El Mirador es una colección en la que no se va a realizar un estudio exhaustivo de todos los restos humanos. En ella hay representados un mínimo de 24 individuos en base a las mandíbulas (5 individuos subadultos y 19 adultos; Lozano et al., 2017, 2021) y 28 individuos representados por la primera vértebra cervical (C1) (2 infantiles, 2 juveniles y 23 individuos adultos; Yustos et al., 2020; ver sección 2.1.4). El material estudiado pertenece a un mínimo de 19 individuos en base a las tibias del lado izquierdo, mientras que el lado derecho de los fémures representa al menos 21 individuos. Los húmeros, en cambio, no están tan bien conservados, por lo que se ha estudiado una menor cantidad de huesos: 17 individuos basados en los húmeros del lado derecho.

4.4 METODOLOGIA

4.4.1 Inventario, número de restos (NR), número mínimo de elementos (NME) y número mínimo de individuos (NMI)

Se ha realizado un inventario de todos los restos humanos estudiados en cada una de las colecciones. En el inventario se especifica toda la información disponible de la excavación (año, cuadro, nivel, número de registro y sigla) así como la región anatómica, el lado (si procede), la edad de muerte y una breve descripción sobre el estado de conservación. Este inventario ha permitido calcular el número de restos (NR) de la colección y es la base de los estudios posteriores.

El número mínimo de elementos (NME) es el número mínimo de restos esqueléticos o unidades anatómicas que están representadas en la muestra estudiada. En el caso de restos óseos completos, el NME es igual al número de restos (NR) de una región anatómica dada. Por ejemplo, 5 falanges proximales (NR = 5) completas supondrían un NME = 5. En el caso de restos fragmentados, se tienen en cuenta la repetición de regiones anatómicas y/o la falta de solapamiento, incompatibilidades en el lado, tamaño o la edad de muerte. Por ejemplo, 5 falanges fragmentarias (NR = 5) en el que tres son fragmentos proximales y dos fragmentos distales, representarían un mínimo de 3 falanges (NME = 3) en base a los fragmentos proximales si no existiesen solapamientos de las regiones anatómicas o incompatibilidades de lado, tamaño o la edad de muerte que indicasen la presencia de falanges adicionales.

El número mínimo de individuos (NMI) indica el número de seres humanos representados en la colección. Para la estimación del NMI, en primer lugar, se contabilizan la repetición del mismo elemento anatómico (teniendo en cuenta el lado, cuando corresponda). A su vez, se tienen en cuenta las posibles incompatibilidades debido a diferencias en la edad de muerte y tamaño (incluyendo el tamaño entre antímeros debido a asimetrías mayores de las esperables) para la identificación de individuos adicionales. Por ejemplo, 6 húmeros de tamaño y edad de muerte similar y lados diferentes, de los cuales 4 serían derechos y 2 izquierdos, representarían un mínimo de 4 individuos (NMI = 4) y no 6 individuos, debido a que esos 2 húmeros izquierdos estarían representando a 2 individuos ya representados por 2 de los húmeros derechos (White et al., 2012).

En el caso de Atxuri-I, debido a la falta de conexión anatómica entre los restos óseos y a la falta de estratigrafía, se va a realizar un estudio de la representatividad esquelética. Para ello, se tiene en cuenta el porcentaje de representación ósea (BRI), que permite conocer si hay alguna región anatómica que está representada en la colección de forma desproporcionada (Mack et al., 2016). El cálculo de esta variable se realiza de la

siguiente manera:

$$\text{BRI} = (\text{NMEobservado}/\text{NMEesperado}) * 100$$

A su vez, también se utiliza el porcentaje de completitud, que indica la proporción en la que los restos óseos de cada región anatómica están completos. El cálculo se realiza de la siguiente manera:

$$\text{Completitud}\% = ((\text{Porciones presentes}/\text{NISP})/\text{Porciones definidas}) * 100$$

4.4.2 Edad de muerte

Este es un aspecto básico para poder abordar aspectos paleodemográficos en una colección de restos humanos. En el caso de yacimientos con un alto número de individuos, su estudio permite conocer si existen sesgos de edad o si todos los rangos de edad estaban presentes.

Las técnicas utilizadas en la determinación de la edad de muerte son distintas entre individuos subadultos e individuos adultos. Además, hay que tener en cuenta que existe variación en el desarrollo que experimenta cada individuo y que, por ello, la determinación de la edad es siempre una aproximación (Liversidge et al., 2015).

La determinación de la edad de muerte en subadultos es más exacta que en adultos, a causa de los diversos cambios que se producen en el esqueleto por el crecimiento y la maduración del mismo. En los individuos adultos, la determinación de la edad de muerte resulta más complicada (Buikstra y Ubelaker, 1994; White et al., 2012).

4.4.2.1 Subadultos

El grado de calcificación y erupción de la dentición es aceptado como la metodología más exacta para poder inferir el rango de edad del individuo (Figura 4.4; Crétot, 1978; Buikstra y Ubelaker, 1994; AlQahtani et al., 2010), debido a que hay un mayor control genético (canalización; Bermúdez de Castro, 1995).

Se han realizado dos escáneres TAC (tomografía axial computerizada) a dos mandíbulas de la colección de Lumentxa, para poder examinar el grado de crecimiento de las raíces y poder comprobar con mayor exactitud la edad de muerte de cada una.

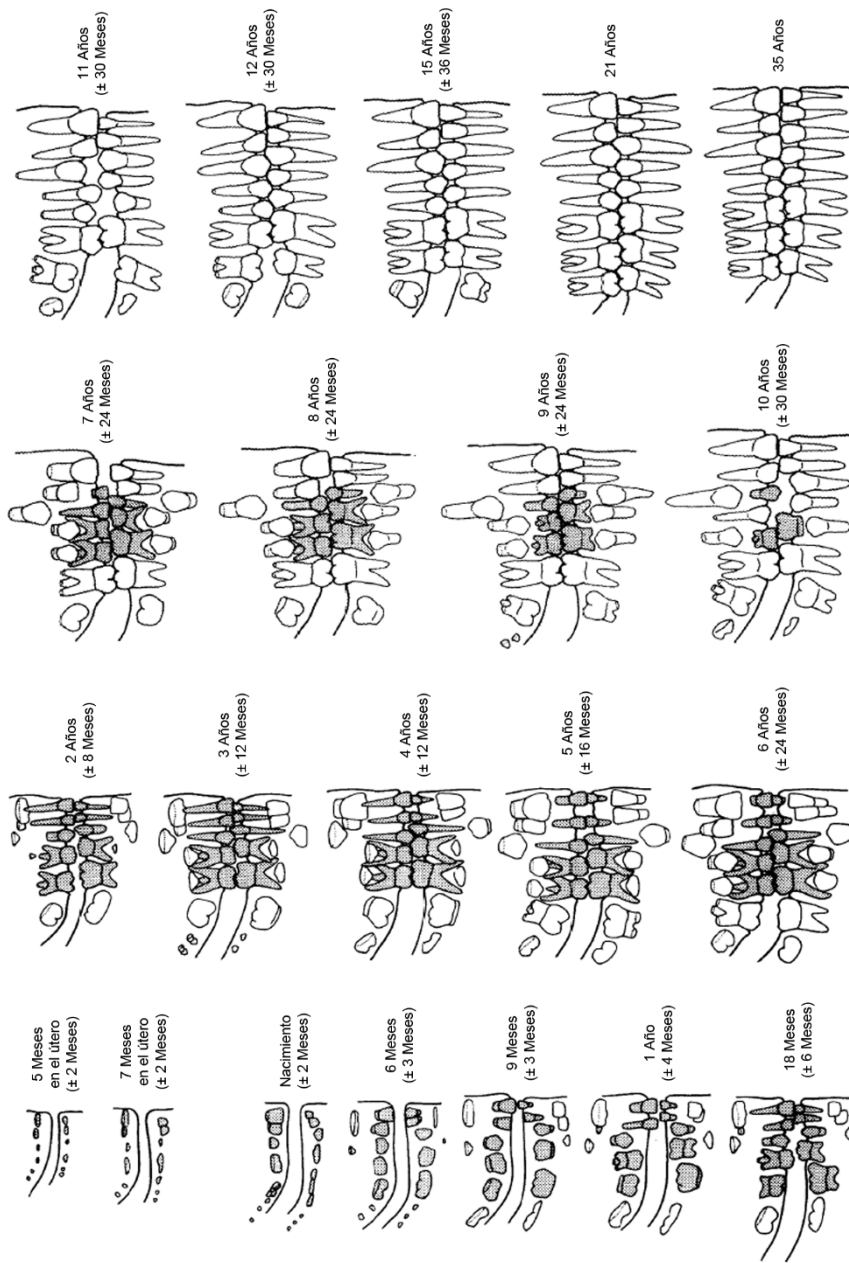


Figura 4.4. Desarrollo del grado de calcificación y de erupción en la dentición de individuos subadultos (modificado de Buikstra y Ubelaker, 1994).

Estos escaneos fueron realizados en el hospital IMQ de Zorrozaurre, usando el escáner Siemens Definition As 20, con una fuente de energía de 120 kv/180 mAs, un grosor de corte colimado a 0,6 mm y con un incremento de corte de 0,6 mm. Los resultados fueron exportados en formato dicom.

Por otro lado, la observación del crecimiento de los huesos largos y el grado de fusión de los centros de osificación secundarios también permite la estimación de la edad de muerte de los individuos subadultos (Scheuer et al., 2000; White y Folkens, 2005), ya que las epífisis se fusionan en diferentes momentos del crecimiento del ser humano (White y Folkens, 2005).

4.4.2.2 Adultos

En los individuos adultos, debido a la ausencia de restos pélvicos que preserven la zona de la sínfisis o la aurícula (Brooks y Suchey, 1990; Buikstra y Ubelaker, 1994) en las colecciones estudiadas, se ha optado por usar el grado del desgaste dental, tanto en los maxilares como en las mandíbulas: el desgaste aumenta con la edad del individuo (Lovejoy, 1985), permitiendo conocer de forma más detallada el rango de edad de los individuos (Figuras 4.5 y 4.6). Sin embargo, el uso de esta metodología en poblaciones prehistóricas asume que el patrón y velocidad de desgaste es el mismo a la población estudiada por Lovejoy (1985), y pueden existir errores debidos a cambios en la estrategia de subsistencia en función del periodo y de las poblaciones (Bass, 2005).

Por otro lado, la fusión completa de los centros de osificación secundarios de ciertos huesos proporcionaría edades mínimas que en muchos casos serían indicativos de edades adultas.

El rango de edad (por sexos) para la fusión de las epífisis de distintos huesos se resume en la Tabla 4.3. Por otro lado, existen varias epífisis que se fusionan de manera más tardía (anillos epifisarios de las vértebras, epífisis esternal de la clavícula) que pueden ayudar a determinar edades de muerte de individuos adultos jóvenes (Scheuer et al., 2000, Cardoso y Ríos, 2011).

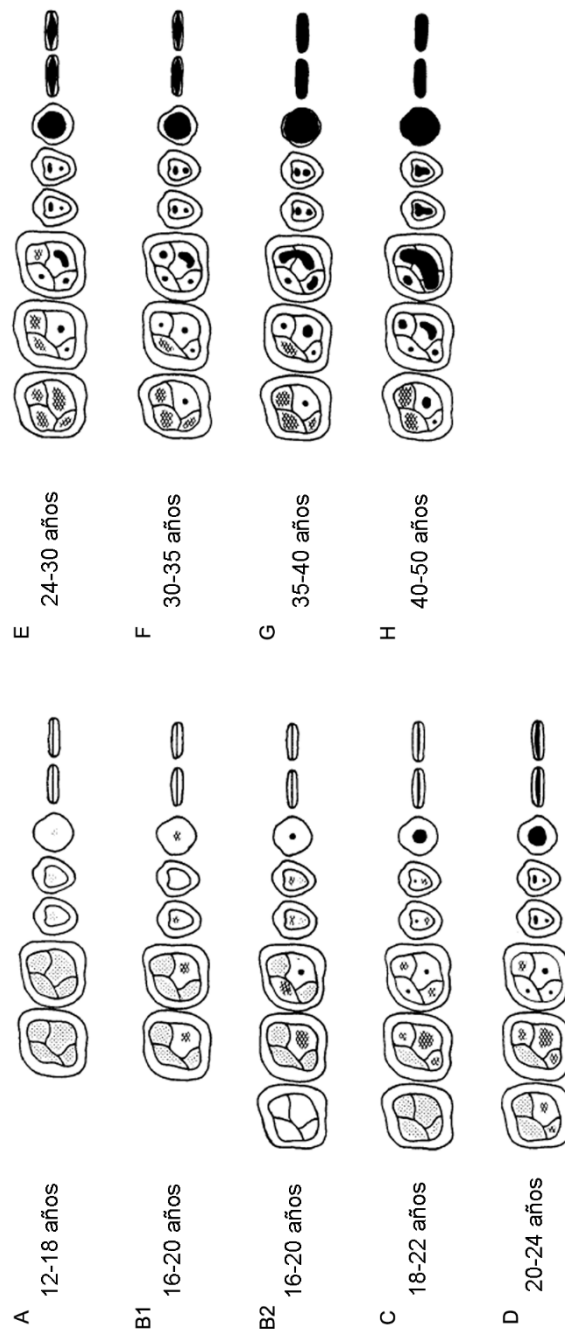


Figura 4.5. Fases de desgaste observados en la dentición superior en individuos adultos (modificado de Lovejoy, 1985).

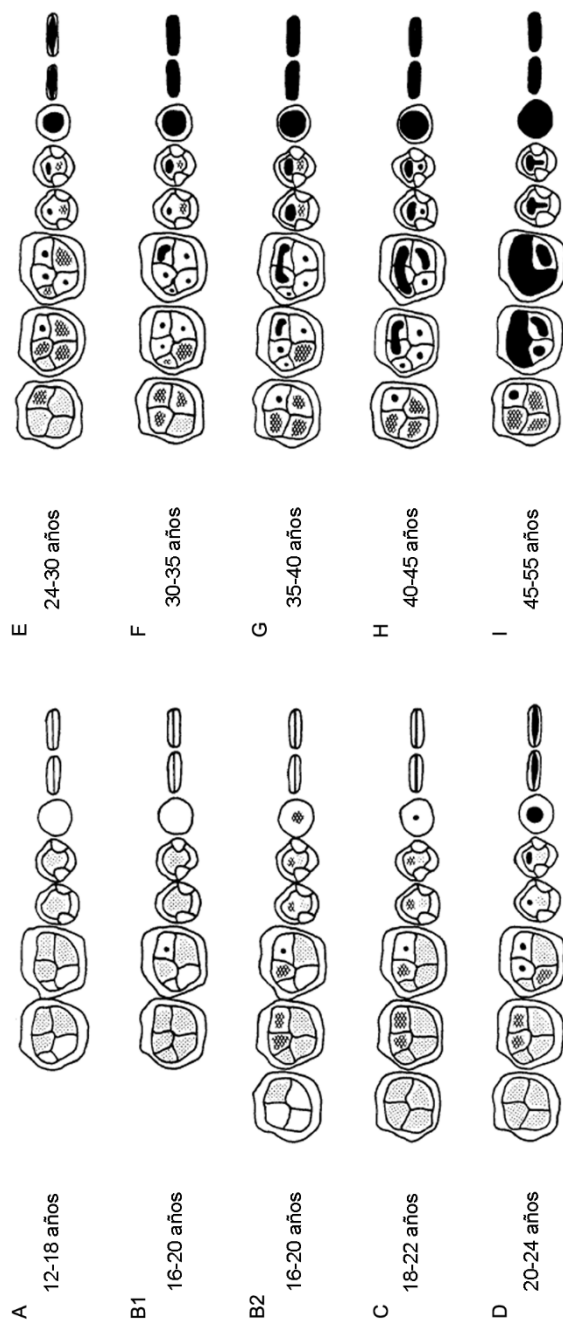


Figura 4.6. Fases de desgaste observados en la dentición inferior en individuos adultos (modificado de Lovejoy, 1985).

Tabla 4.3. Rangos máximos de edad de la fusión de las epífisis más tardías (Scheuer et al., 2000).

Región anatómica	Criterio	Femenino	Masculino
Clavícula	Epífisis lateral	19-20	19-20
	Epífisis medial	≥ 29	≥ 29
Vértebra	Anillo epifisario	≥ 25	≥ 25
Húmero	Epífisis proximal	13-17	16-20
	Epífisis distal	13-15	14-16
Radio	Epífisis proximal	11,5-13	14-17
	Epífisis distal	14-17	16-20
Ulna	Epífisis proximal	12-14	13-16
	Epífisis distal	15-17	17-20
Metacarpianos	Epífisis	14,5-15	16,5
Falanges de las manos	Epífisis	14-14,5	16,5
Fémur	Epífisis proximal	12-16	14-19
	Epífisis distal	14-18	16-20
Tibia	Epífisis proximal	13-17	15-19
	Epífisis distal	14-16	15-18
Fíbula	Epífisis proximal	12-17	15-20
	Epífisis distal	12-15	15-18
Metatarsianos	Epífisis	13-15	16-18
Falanges de los pies	Epífisis	13-15	16-18

4.4.3 Sexo

4.4.3.1 Caracteres morfológicos y métricos

La determinación del sexo se basa en el estudio y la cuantificación de caracteres dimórficos, que permiten diferenciar si un individuo adulto es masculino o es femenino (Buikstra y Ubelaker, 1994). Por tanto, la determinación se suele basar en aquellos restos óseos que son más dimórficos como la pelvis, el cráneo y la mandíbula. Debido a la ausencia de los huesos más diagnósticos en las colecciones estudiadas, las estimaciones se han tenido que basar en otros restos, como es el caso de los húmeros y los fémures, usando análisis discriminantes. Por otro lado, el uso de fórmulas discriminantes, que están basadas en las diferencias entre sexos, también están limitadas por las variaciones diacrónicas del tamaño corporal y la población a partir de la que se ha obtenido la fórmula. Por tanto, estas fórmulas han de ajustarse lo máximo posible a una población dada (Buikstra y Ubelaker, 1994; Bass, 2005).

La determinación del sexo a partir de las mandíbulas se ha centrado en la prominencia del mentón: su protuberancia y su forma. Por un lado, se encuentra la morfología de la protuberancia mentoniana (Bass, 2005), donde una mayor prominencia indicaría que la mandíbula pertenecía a un individuo sería masculino, mientras que una prominencia menos marcada indicaría que la mandíbula perteneció a un individuo

femenino (Buikstra y Ubelaker, 1994). Por otro lado, la forma del mentón indicaría el sexo del individuo: una forma más cuadrada indicaría que la mandíbula pertenecía a un individuo masculino y una forma más redondeada indicaría un sexo femenino (Bass, 2005).

En los húmeros se han utilizado funciones discriminantes que usan las dimensiones de la epífisis distal (ver Tabla 4.4; France, 1983). En estas fórmulas, aquellos resultados menores a 1,51 indican que el húmero perteneció a un individuo femenino y los resultados mayores a 1,51 indican que el húmero perteneció a un individuo masculino.

Por otro lado, en los fémures se han utilizado medidas tanto de la epífisis proximal como de la epífisis distal, ya que en las colecciones estos restos óseos estaban en mayor número y en un mejor estado de conservación (Tabla 4.5). En este hueso, se ha seguido la metodología descrita por Bass (2005) (basado en Pearson, 1917-1919).

Tabla 4.4. Fórmulas de determinación del sexo en el húmero (France, 1983).

Sección del húmero	Fórmula
Anchura biepicondilar (a)	$a = 5,074 - (0,5983 * (a))$
Anchura articular (b)	$a = 6,051 - (1,039 * (b))$

4.4.3.2 K-medias

Este análisis se ha usado en las muestras de Atxuri-I (usando los metatarsianos) y El Mirador (usando los huesos largos). En el caso de Abittaga, se han comparado las longitudes de los metatarsianos con un análisis realizado en la muestra de Txotxinkoba (García-Sagastibelza et al., 2020b). El análisis de agrupamiento K-medias (*K-means* en inglés; Wagstaff et al., 2001 y sus referencias) consiste en dividir la muestra en k agrupaciones, a fin de minimizar la suma de los cuadrados dentro de cada grupo (Steinly, 2006; Sterling et al., 2018). En este caso se ha utilizado $k = 2$ grupos ya que se asume la presencia de ambos sexos (hombres y mujeres) en las muestras estudiadas. Este análisis divide entonces la muestra de estudio en dos grupos usando un algoritmo iterativo. En base al mayor tamaño de los hombres que las mujeres, los restos agrupados que presentan mayor tamaño son interpretados como pertenecientes a individuos masculinos y aquellos colocados en el grupo de valores más pequeños serían femeninos. Esta metodología ha sido usada de manera exitosa en animales con un dimorfismo sexual relativamente bajo (p. ej., el rebeco; Arceredillo et al., 2011).

En el caso de El Mirador, para poder seleccionar las medidas de los huesos largos que presentan menos error en la estimación del sexo, en primer lugar se ha usado una muestra de sexo conocido y se han comparado los resultados obtenidos mediante el

análisis K-medias con el sexo conocido. Para este fin se han usado los datos medidos por uno de mis directores (Dr. Gómez Olivencia) de una colección de restos humanos de Euroamericanos de la colección HammanTodd (Cleveland Museum of Natural History) y del Departamento de Antropología de la University of Iowa (Gómez-Olivencia et al., 2009). Las medidas empleadas en el estudio aparecen en la Tabla 4.6. En primer lugar, para comprobar la existencia de dimorfismo sexual en estas muestras, se realizó un análisis de la t de student, para posteriormente realizar el análisis de K-medias.

Todos los análisis de K-medias fueron realizados utilizando el programa estadístico Past 3.20 (Hammer et al., 2001).

Tabla 4.5. Determinación del sexo en el fémur a partir de sus dimensiones (Pearson, 1917-1919).

Sección del fémur	Femenino	Femenino?	Indeterminado	Masculino?	Masculino
Diámetro vertical de la cabeza	<41.5	41.5-43.5	43.5-44.5	44.5-45.5	>45.5
Anchura bicondilar	<72	72-74	74-76	76-78	>78
Longitud trocantérica oblicua	<390	390-405	405-430	430-450	>450
Circunferencia femoral	<81				>81

Tabla 4.6. Medidas tradicionales utilizadas en la muestra comparativa para la determinación del sexo por medio del análisis cluster K-medias.

Región anatómica	Mediciones utilizadas
Húmero	Longitud máxima
	Anchura de la epífisis distal
Radio	Longitud máxima
Fémur	Longitud máxima
	Longitud fisiológica
	Diámetro vertical de la cabeza
Tibia	Longitud máxima
	Longitud total
	Anchura máxima de la epífisis proximal

4.4.4 Estatura

La estatura es una variable esencial para describir las poblaciones humanas (Carretero et al., 2012), donde los cambios diacrónicos en la estatura pueden proporcionar información sobre la salud de las poblaciones (Cardoso y Gomes, 2009; Pomeroy y Stock, 2012). De los diferentes métodos de estimación (métodos anatómicos y matemáticos), en este estudio se va a utilizar los métodos “matemáticos”. Estos métodos usan fórmulas

de regresión específicas de sexo y población para un solo resto óseo, generalmente huesos largos (Raxter et al., 2006). Debido a que diversas fórmulas de regresión de la estatura, basadas en poblaciones distintas al objetivo de estudio, pueden provocar una subestimación o sobreestimación de los resultados (p.ej., Trotter y Gleser, 1952, 1958; Ruff, 1994; Holliday, 1997; Holliday y Ruff, 1997), en este trabajo se van a utilizar ecuaciones híbridas. Estas ecuaciones se han derivado de enfrentar las longitudes de los huesos largos con las estimaciones de estatura mediante el método anatómico empleando el método “Fully” (que implica el uso de todos los huesos del esqueleto implicados en la estatura) en una amplia muestra de restos humanos del Holoceno (Ruff et al., 2012; Ruff, 2018b).

4.4.4.1 Huesos largos

A pesar de que se suelen emplear también los huesos largos de la extremidad superior por su alta correlación con la estatura, siempre que se ha podido se han usado los huesos largos de la extremidad inferior. En concreto, se ha seleccionado la longitud máxima de los fémures y las tibias, ya que son los huesos largos que intervienen en la estatura total de un individuo (Raxter et al., 2006). Se han empleado las fórmulas de regresión propuestas por Ruff et al. (2012) (Tabla 4.7).

4.4.4.2 Metatarsianos y metacarpianos

En ausencia de huesos largos completos para poder estimar la estatura, existen otros huesos que también pueden presentar una correlación significativa con la estatura (p. ej., metacarpianos, metatarsianos, astrágalos, calcáneos y clavículas), y que han sido usados en el cálculo de la estatura de poblaciones prehistóricas (p. ej., Lorenzo et al., 1999; Quam et al., 2001; Rightmire et al., 2006; Pearson et al., 2008; Pablos et al., 2012, 2013).

En los metatarsianos se han empleado las fórmulas propuestas por Pablos et al. (2013) (Figura 4.7). Concretamente, se han utilizado las fórmulas derivadas de una población euroamericanas según el sexo y de una población que combina euroamericanos y afroamericanos cuando no se tiene en consideración el sexo. En los metacarpianos se han utilizado las fórmulas propuestas por Meadows et al. (1992) (Figura 4.8). En la Tabla 4.8 se presentan las fórmulas que han sido utilizadas en este trabajo.

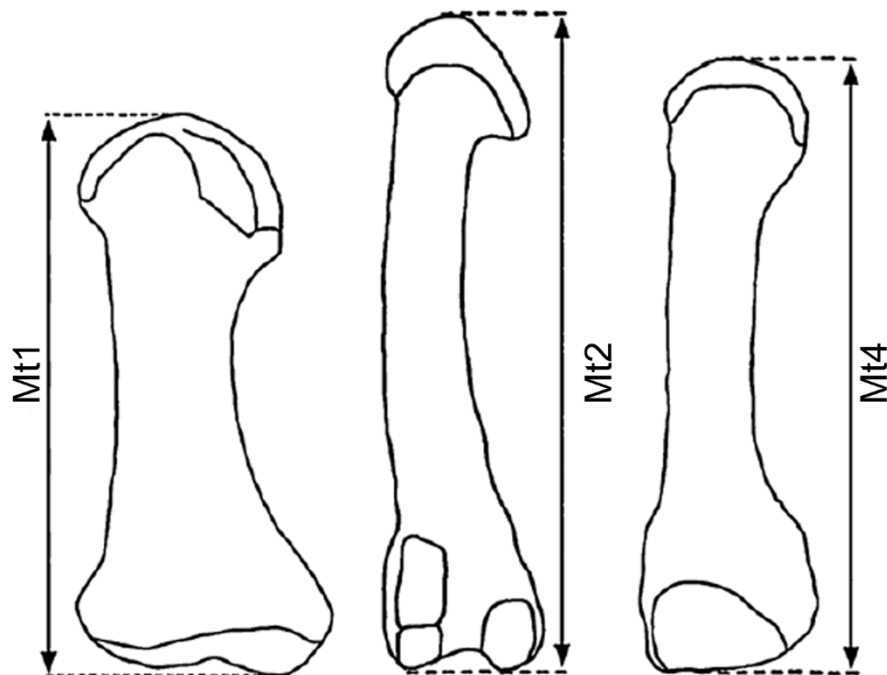


Figura 4.7. Medición de la longitud máxima en el 1° metatarsiano (Mt1), 2° metatarsiano (Mt2) y 4° metatarsiano (Mt4) (modificado de Pablos et al., 2013).

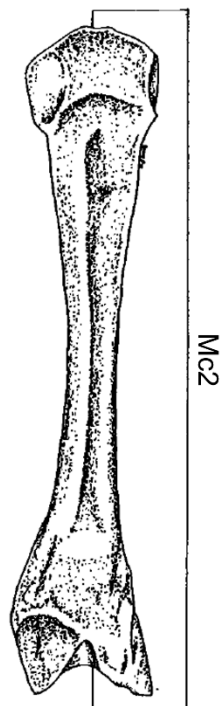


Figura 4.8. Medición de la longitud máxima en el 2° metacarpiano (Mc2) (Meadows et al., 1992).

Tabla 4.7. Fórmulas de estimación de estatura empleadas en los huesos largos.

Región anatómica	Sexo	Fórmula	Referencia
Fémur	Masculino	$S = (2,72 * (Fem_m) + 42,85)$	Ruff et al., 2012
	Femenino	$S = (2,69 * (Fem_f) + 43,56)$	
	Conjunto	$S = (2,77 * (Fem_c) + 40,50)$	
Tibia (muestras del Sur, región circunmediterránea)	Masculino	$S = (2,78 * (Tib_m) + 60,76)$	
	Femenino	$S = (3,05 * (Tib_f) + 49,68)$	
	Conjunto	$S = (3,02 * (Tib_c) + 51,36)$	

*medidas en cm.

4.4.5 Masa corporal

La masa corporal también es una variable relevante para describir las poblaciones del pasado (Auerbach y Ruff, 2004). Para su estimación se pueden distinguir la aproximación “biomecánica” y la aproximación morfométrica (Ruff et al., 2005, 2012; Ruff, 2018b), habiéndose optado por la primera opción en este estudio, al carecer de pelvis completas, requisito necesario para la aplicación de la aproximación “morfométrica”. La aproximación “biomecánica” se basa en la asociación funcional de la masa corporal y de elementos esqueléticos relacionados con la carga de peso, siendo equivalente a la estimación mediante métodos “matemáticos” de la estatura (Ruff et al., 2012; Ruff, 2018b).

La masa corporal se ha estimado usando la anchura de la cabeza femoral. En función del diámetro obtenido en la medición de la cabeza femoral y del sexo del individuo, las fórmulas empleadas serán diferentes (Tabla 4.9).

En aquellos fémures en los que la cabeza femoral tenga un diámetro menor a 38 mm, se usará únicamente la fórmula de McHenry (1992). En los casos en los que la medida oscile entre 38 y 47 mm, se realizará una media de los resultados obtenidos en las fórmulas de Ruff et al. (1991), McHenry (1992) y Grine et al. (1995), que están divididas en función de si se conoce o no el sexo del individuo. Por último, cuando la medida supera los 47 mm, el resultado estará basado en la media de las fórmulas de Ruff et al. (1991) y Grine et al. (1995), también divididas en función del sexo del individuo.

Tabla 4.8. Fórmulas de estimación de estatura empleadas en los metatarsianos y metacarpianos.

Región anatómica	Sexo	Lado	Fórmula	SE	SEE	Referencia	
1° metatarsiano ^a	Masculino	-	$S = (1128,096 + (9,452 * (Mt1)))$	-	± 36.77	Pablos et al. 2013	
	Femenino	-	$S = (801,596 + (13,498 * (Mt1)))$	-	± 29.07		
	Combinado	-	$S = (755,730 + (14,590 * (Mt1)))$	-	± 48.50		
2° metatarsiano ^a	Masculino	-	$S = (1109,275 + (8,194 * (Mt2)))$	-	± 34.36		
	Femenino	-	$S = (759,831 + (11,848 * (Mt2)))$	-	± 37.99		
	Combinado	-	$S = (703,452 + (12,856 * (Mt2)))$	-	± 54.85		
4° metatarsiano ^a	Masculino	-	$S = (1288,754 + (6,458 * (Mt4)))$	-	± 42.91		
	Femenino	-	$S = (1053,487 + (8,444 * (Mt4)))$	-	± 43.25		
	Combinado	-	$S = (921,58 + (10,98 * (Mt4)))$	-	± 62.31		
2° metacarpiano	Masculino	Derecho	$S = (85,51 + (1,261 * (Mc2)))$	± 51.5	-		Modificado de Meadows et al., 1992
		Izquierdo	$S = (81,96 + (1,311 * (Mc2)))$	± 51.0	-		
	Femenino	Derecho	$S = (82,52 + (1,261 * (Mc2)))$	± 51.5	-		
		Izquierdo	$S = (79,86 + (1,311 * (Mc2)))$	± 51.0	-		
3° metacarpiano	Masculino	Derecho	$S = (85,98 + (1,279 * (Mc3)))$	± 53.6	-		
		Izquierdo	$S = (84,90 + (1,298 * (Mc3)))$	± 51.9	-		
	Femenino	Derecho	$S = (83,44 + (1,279 * (Mc3)))$	± 53.6	-		
		Izquierdo	$S = (82,81 + (1,298 * (Mc3)))$	± 51.9	-		
4° metacarpiano	Masculino	Derecho	$S = (89,54 + (1,375 * (Mc4)))$	± 53.3	-		
		Izquierdo	$S = (90,41 + (1,355 * (Mc4)))$	± 52.7	-		
	Femenino	Derecho	$S = (86,44 + (1,375 * (Mc4)))$	± 53.3	-		
		Izquierdo	$S = (88,11 + (1,355 * (Mc4)))$	± 52.7	-		

S= estatura.

Estatura en cm.

^a Las fórmulas de sexo masculino y femenino corresponden a las muestras Euroamericanas, mientras que las fórmulas combinadas corresponden a euroamericanos y afroamericanos.

SE= error estándar de la media; SEE= error estándar de la estimación.

Tabla 4.9. Fórmulas empleadas en la estimación de la masa corporal.

Diámetro cabeza femoral	Sexo	Fórmula	Referencia
<38mm	-	MC= 2.239 * FH - 39.9	McHenry, 1992
38-47 mm	Masculino	MC= (2.741* FH - 54.9) * 0.90	Ruff et al., 1991
		MC= 2.239 * FH - 39.9	McHenry, 1992
		MC = 2.268*FH-36.5	Grine et al., 1995
	Femenino	MC= (2.426* FH - 35.1) * 0.90	Ruff et al., 1991
		MC= 2.239 * FH - 39.9	McHenry, 1992
		MC = 2.268*FH-36.5	Grine et al., 1995
	Indeterminado	MC= (2.160* FH - 24.8) * 0.90	Ruff et al., 1991
		MC= 2.239 * FH - 39.9	McHenry, 1992
		MC = 2.268*FH-36.5	Grine et al., 1995
>47 mm	Masculino	MC= (2.741* FH - 54.9) * 0.90	Ruff et al., 1991
		MC = 2.268*FH-36.5	Grine et al., 1995
	Femenino	MC= (2.426* FH - 35.1) * 0.90	Ruff et al., 1991
		MC = 2.268*FH-36.5	Grine et al., 1995
	Indeterminado	MC= (2.160* FH - 24.8) * 0.90	Ruff et al., 1991
		MC = 2.268*FH-36.5	Grine et al., 1995

4.4.6 Presencia de patologías

Las superficies de los restos óseos de las colecciones estudiadas han sido observadas macroscópicamente, con el fin de poder identificar cualquier anomalía que pudiese llegar a indicar la presencia de lesiones patológicas siguiendo los criterios explicados en Buikstra y Ubelaker (1994) y White y Folkens (2005).

Todas las lesiones observadas en las vértebras fueron recogidas usando un código numérico para poder indicar tanto la presencia como el grado de desarrollo de dichas lesiones (Tabla 4.10). Para ello, estudiaron las superficies de las vértebras, así como en los bordes de las facetas articulares y los cuerpos vertebrales (Trinkaus, 1985; Dawson y Trinkaus, 1997; Gómez-Olivencia, 2013). Además, se tomaron las dimensiones craneo-caudales de cada lado de los cuerpos vertebrales y facetas articulares, para observar la existencia de posibles asimetrías entre los lados e identificar si los individuos presentaban escoliosis.

En el caso de la dentición, el estudio se centró en la presencia de caries, calculo dental o cualquier anomalía que pudiese resultar de interés (White y Folkens, 2005).

Tabla 4.10. Código numérico utilizado para identificar anomalías en las vértebras.

Región de la vértebra	Código	Significado
Desgaste	0	Normal (ausencia de cambios degenerativos)
	1	Presencia de osteofitos/exostosis pequeñas en los márgenes
	2	Presencia de osteofitos/exostosis grandes en los márgenes
Degeneraciones del disco óseo intervertebral/subcondral	1	Presencia de degeneraciones pequeñas del disco óseo subintervertebral/subcondral
	2	Presencia de degeneraciones extensas en el disco óseo subintervertebral/subcondral
Ausencia de información	-	Ausencia de una sección relevante del hueso
	?	Extensión desconocida de la degeneración debido al daño del hueso

4.5 RESULTS

In this section, all the palaeobiological information about the studied collections will be included, divided by site.

In order to facilitate the understanding of the results, the summary of all the parameters studied in the different collections can be observed in Table 4.11.

4.5.1 Abittaga

The Abittaga human sample is composed of 32 fragments (number of remains (NR) = 32). A direct dating of a proximal hand phalanx provides a date for this individual within the Bronze Age (see section 3.5.1). This date is consistent with other archaeological findings at the site (Rios-Garaizar et al., 2020).

4.5.1.1 Minimum number of elements (MNE) and Minimum number of individuals (MNI)

Each human fragment represents a bone, and thus, a minimum number of 32 human bones has been determined. Hand and foot bones such as metacarpals, metatarsals and phalanges are the most represented remains. On the other hand, it is noteworthy the lack of cranium, maxillary or mandibular remains, despite the presence of teeth. In this collection, there is also presence of vertebrae, clavicles, and long bones (Table 4.12; Figure 4.9).

Table 4.11. Summary of all the palaeobiological information of the studied collections.

Site	Individual	MNE	MNI	Age-at-death	Sex	Stature	Used bone remain	Body mass	Used bone remain	Radiocarbon date (BP)	Calibrated date BCE (95.4%) [*]	Calibrated date BP (95.4%) [*]
Abitaga	-	32	1	At least 29 years old	Probably female	154.7	Metacarpals	-	-	3,478 ± 36	1,895-1,689	3,844-3,638
	Individual 1			3-4 years old		157.2	Metatarsals					
	Individual 2			6-8 years old								
Atxuri-I	Individual 3			13-16 years old								
	Individuals 4-9	366	9	Maxillae: - 1 individual between 20 and 30 years old	Humeri: 1 male and 1 female Femur: 1 probably female Metatarsals: 2 males and 4 females	160.4	Femur	53.1	Femur	3,570 ± 30	2,023-1,778	3,972-3,727
				175.6 ± 0.93		Male 1 st metatarsal						
					- 1 individual between 18 and 24 years old		160.6 ± 2.82	Female 1 st metatarsal and 2 nd metatarsals				
					- 1 individual between 40 and 50 years old			Pooled sex metatarsal				
				Mandibles: - 1 individual between 21 and 35 years old - 2 individuals older than 35 years old		164.2 ± 6.73						7,290 ± 30 6,224-6,076 8,173-8,025
Lumentxa	Individual 1			3-5 years old						3,550 ± 30	2,014-1,771	3,963-3,720
	Individual 2			3-5 years old								
	Individual 1-2	235	7	Subadult remains								
	Individual 3			18-21 years old		164.2	Radius					
Individual 4			25-40 years old	Probably female	145.8	Femur			4,780 ± 30 4,810 ± 35	3,640-3,518 3,646-3,526	5,589-5,467 5,595-5,475	

Site	Individual	MNE	MNI	Age-at-death	Sex	Stature	Used bone remain	Body mass	Used bone remain	Body mass	Used bone remain	Radiocarbon date (BP)	Calibrated date BCE (95.4%) ¹	Calibrated date BP (95.4%) ²	
Lumentxa	Individual 5	235	7	35-55 years old	Male	156.8	Femur	61.7	Femur (male)	61.7	Femur	5,105 ± 80	4,157-3,657	6,106-5,606	
	Individual 6			Adult individual	-	-	-	-	-	-	-	-	6,110 ± 35	4,936-4,726	6,885-6,676
	Individual 7			8-16 years old	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,122 ± 38	4,952-4,726
El Mirador**	-	138 (studied sample)	Humeri: 17 Femora: 21 Tibiae: 19	adults	Humeri: 17 males and 14 females Femora: 19 males and 22 females Tibiae: 20 males and 15 females	160.5 ± 5.23	Femora males (n=14)	62 ± 3.7	Complete femora males (n=14)	62 ± 3.7	Femora males (n=14)	4,000 ± 30	2,578-2,463	4,527-4,412	
						152.1 ± 5.07	Femora females (n=19)	51.3 ± 6	Complete femora females (n=19)	51.3 ± 6	Femora females (n=19)				
						155.7 ± 6.58	Femora pooled sex (n=33)	56.3 ± 7.83	Complete femora pooled sex (n=33)	56.3 ± 7.83	Femora pooled sex (n=33)				
						161.2 ± 4.52	Tibiae males (n=18)	61.8 ± 3.91	All femora males (n=19)	61.8 ± 3.91	Tibiae males (n=18)	4,120 ± 30	2,868-2,577	4,817-4,526	
						150.1 ± 6.44	Tibiae females (n=14)	50.1 ± 6.52	All femora females (n=22)	50.1 ± 6.52	Tibiae females (n=14)				

*The dates have been calibrated using the Oxcal v.4.4 software (Bronk Ramsey, 1998, 2009) and the calibration curve Intcal20 (Reimer et al., 2020) and Marine20 (Heaton et al., 2020).

**In El Mirador collection, there are overall a 3745 human remains, where a minimum of 26 individuals have been determined. Inside the collection, individuals from both sexes and all age-at-death ranges are represented (3 subadults, 1 young adult, 19 adults and 3 senile adults).

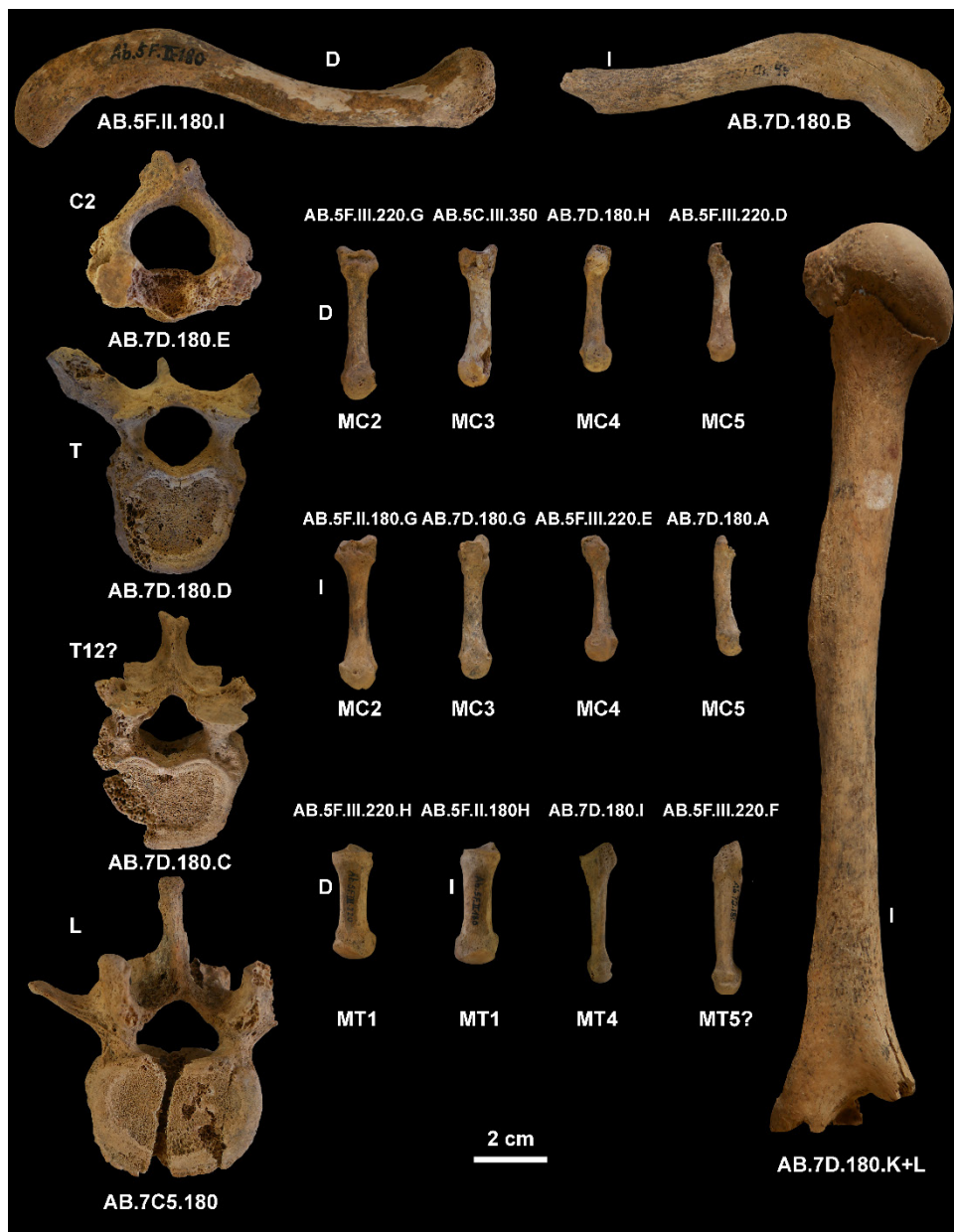


Figure 4.9. Selected human remains from Abittaga: four vertebrae, eight metacarpals, four metatarsals and the left humerus of the Abittaga individual.

In the collection of Abittaga only 1 individual is represented, as there are no repeated elements and there is no incompatibility in terms of size and age-at-death in the studied bones (Table 4.12). In sum, we consider that all the recovered remains could be assigned to the same individual.

Table 4.12. Number of remains (NR) and minimum number of elements (MNE) of the cave of Abittaga.

Anatomical region	NR	MNE
Dental remains	2	2
Cervical vertebrae	1	1
Thoracic vertebrae	2	2
Lumbar vertebrae	1	1
Clavicles	2	2
Humeri	1	1
Metacarpals	8	8
Hand phalanges	6	6
Metatarsals	4	4
Foot phalanges	5	5
Total (without dentition)	30	30
Total	2	2

4.5.1.2 Age-at-death estimation

The age-at-death assessment was based on all the available bones. The fusion of the proximal epiphysis of the humerus indicates that this individual had reached adulthood. The preserved vertebrae display fused annular epiphysis, and the secondary centres of ossification of the transverse and spinous processes are fused. The right clavicle presents its sternal epiphysis completely fused, which indicates a minimum age of 29 years for this individual (Figure 4.9; Scheuer et al., 2000).

4.5.1.3 Sex assessment

The absence of cranium and pelvic bones in this individual limit its sex assessment. Nevertheless, comparing our results (see Table 4.13 for female results) with individuals of the Txotxinkoba collection, in which the sex was assessed by *K-means* (García-Sagastibelza et al., 2020b), the size of the Abittaga individual was more similar to those individuals classified as females, and thus, it could be stated, with caution, that this individual was probably a female.

4.5.1.4 Stature estimation

Due to the lack of complete lower (and upper) limb long bones, the stature has been estimated using regression formulae using metacarpals and metatarsals (depicted in Figure 4.9). The average of the estimated stature based on metacarpals is 154.7 cm, while

the average estimated using metatarsals is 155.4 cm (Table 4.13).

Table 4.13. Stature (\pm SEE; all in cm) of the individual from Abittaga based on regression formulae for metacarpals^a and metatarsals^b.

Anatomical region	Side	Length (in mm)	Estimated stature	SEE
2nd metacarpal	R	57.4	154.9	\pm 5.15
2nd metacarpal	L	57.7	155.5	\pm 5.1
3rd metacarpal	R	53.7	152.1	\pm 5.36
3rd metacarpal	L	53.7	152.5	\pm 5.19
4th metacarpal	R	50.5	155.9	\pm 5.33
4th metacarpal	L	50.8	157.0	\pm 5.27
1st metatarsal	R	55.3	154.8	\pm 2.83
1st metatarsal	L	54.8	154.1	\pm 2.83
4th metatarsal	L	61.6	157.4	\pm 4.22
Total metacarpal			154.7	
Total metatarsal			155.4	

^a Based on Meadows et al. (1992).

^b Based on Pablos et al. (2013).

R= right; L= left..

4.5.2 Atxuri-I

The Atxuri-I human sample is composed of 387 fragments. We lack a proper archaeological context for most bones and a proper stratigraphy of the site (see section 2.1.2). We have directly dated two bones which have yielded very disparate results: one attributed to Mesolithic and the other to Bronze Age (see Section 3.5.1). Thus, the human remains recovered from this site represent the funerary use of the cave at least in two separate occasions.

4.5.2.1 Minimum number of elements (MNE)

The Atxuri-I collection represents a minimum number of 366 elements (226 remains + 140 dentition remains; Table 4.14). A subadult human femur without any specific information and with a different external appearance was excluded from the study, as it was not possible to assess if it really belonged to the collection (García-Sagastibelza, 2017). The cranial fragments were not included in this section, as they are too fragmented and their identification as to how many cranial vaults are represented is difficult.

Maxillae, mandibles, and dentition are the most represented remains of the collection minimum (Table 4.14).

Moreover, the remains related to the hands and feet like metacarpals, metatarsals and phalanges have also a remarkable representation (Figure 4.10). On the other hand, cervical vertebrae, ribs, scapulae, and fibulae are the less represented elements (García-Sagastibelza, 2017).

Table 4.14. Number of identified specimens (NISP) and minimum number of elements (MNE) of the human remains from the Atxuri-I cave site.

Anatomical region	NISPs	MNE			
		Subadult	Adult	Indeterminate	Total
Cranium ¹	44	-	-	-	-
Maxillae	7		3		3
Mandible	5	1	3		4
Dentition with- in maxillae/ mandibles	-	1	25	2	28
Isolated dental remains ²	112				112
Cervical vertebrae	4		4		4
Thoracic vertebrae	12	3	9		12
Lumbar vertebrae	9	3	6		9
Sternum	1		1		1
Ribs	2		2		2
Clavicles	3		3		3
Scapulae	1		1		1
Humeri	4		4		4
Radii	2		2		2
Ulnae	6	1	5		6
Metacarpals	28	3	24	1	28
Hand phalanges	72	12	56	4	72
Femora	3		3		3
Tibiae	4		4		4
Fibulae	1		1		1
Tarsal bones	4		4		4
Metatarsals	28	5	20	3	28
Foot phalanges	35	9	24	2	35
Total (without dentition)	275	37	179	10	226
Total (dentition)	112 (isolated)	1 (within maxillae/ mandibles)	25 (within maxillae/ mandibles)	2 (within maxillae/ mandibles)	28 + 112 (isolated)

¹The fragmentation of the cranium has not allowed to determine the MNE.

²Isolated teeth have not been separated by age group.

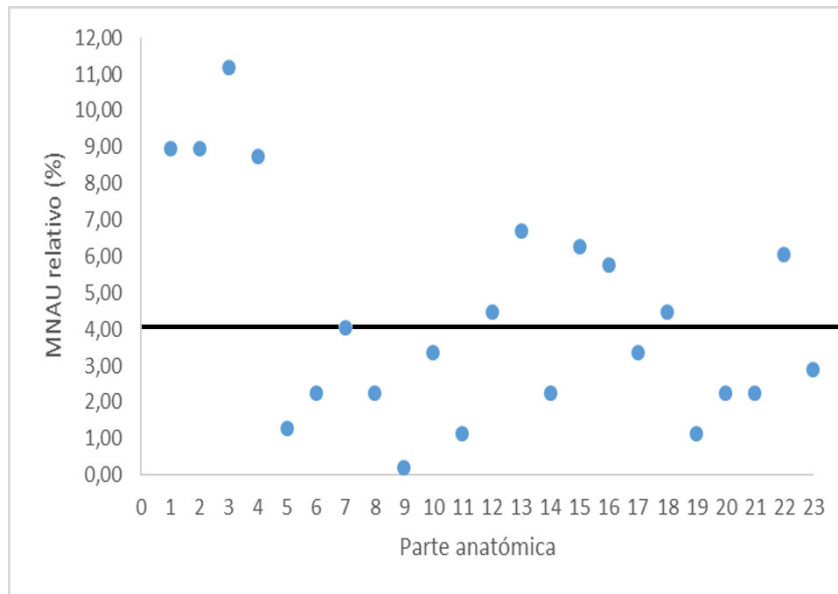


Figure 4.10. Minimum number of anatomical units estimated for every anatomical region: 1: Neurocranium; 2: Maxillae; 3: Mandibles; 4: Dentition (summed isolated and within maxillae and mandibles); 5: Cervical vertebrae; 6: Thoracic vertebrae; 7: Lumbar vertebrae; 8: Sternum; 9: Ribs; 10: Clavicles; 11: Scapulae; 12: Humeri; 13: Ulnae; 14: Radii; 15: Metacarpals; 16: Hand phalanges; 17: Femora; 18: Tibiae; 19: Fibulae; 20: Tali; 21: Calcanei; 22: Metatarsals; 23: Foot phalanges.

4.5.2.2 Minimum number of individuals (MNI)

In Atxuri-I, the presence of a minimum number of 9 individual has been determined (Figure 4.11). Six adult and one subadult individuals are identified based on the 1st right metatarsal (Table 4.15). Two additional subadult individuals were identified based on age-at-death incompatibilities of some bone remains like vertebrae, teeth or a mandible which showed an age-at-death that was not consistent with the previous subadult individual.

Table 4.15. Minimum number of individuals (MNI) of the cave of Atxuri-I and possible elements associated to each individual.

Individual	Developmental state	Associated elements
1	Subadult	2 nd upper deciduous molar, thoracic vertebra, lumbar vertebra, ulna, indeterminate metatarsus
2		mandible, canine, 1 st lower deciduous molar, indeterminate metatarsus
3		2 thoracic vertebrae, 2 lumbar vertebrae, 1 st metatarsus, 3 rd metatarsus
4	Adult	-
5		-
6		-
7		-
8		-
9	-	-

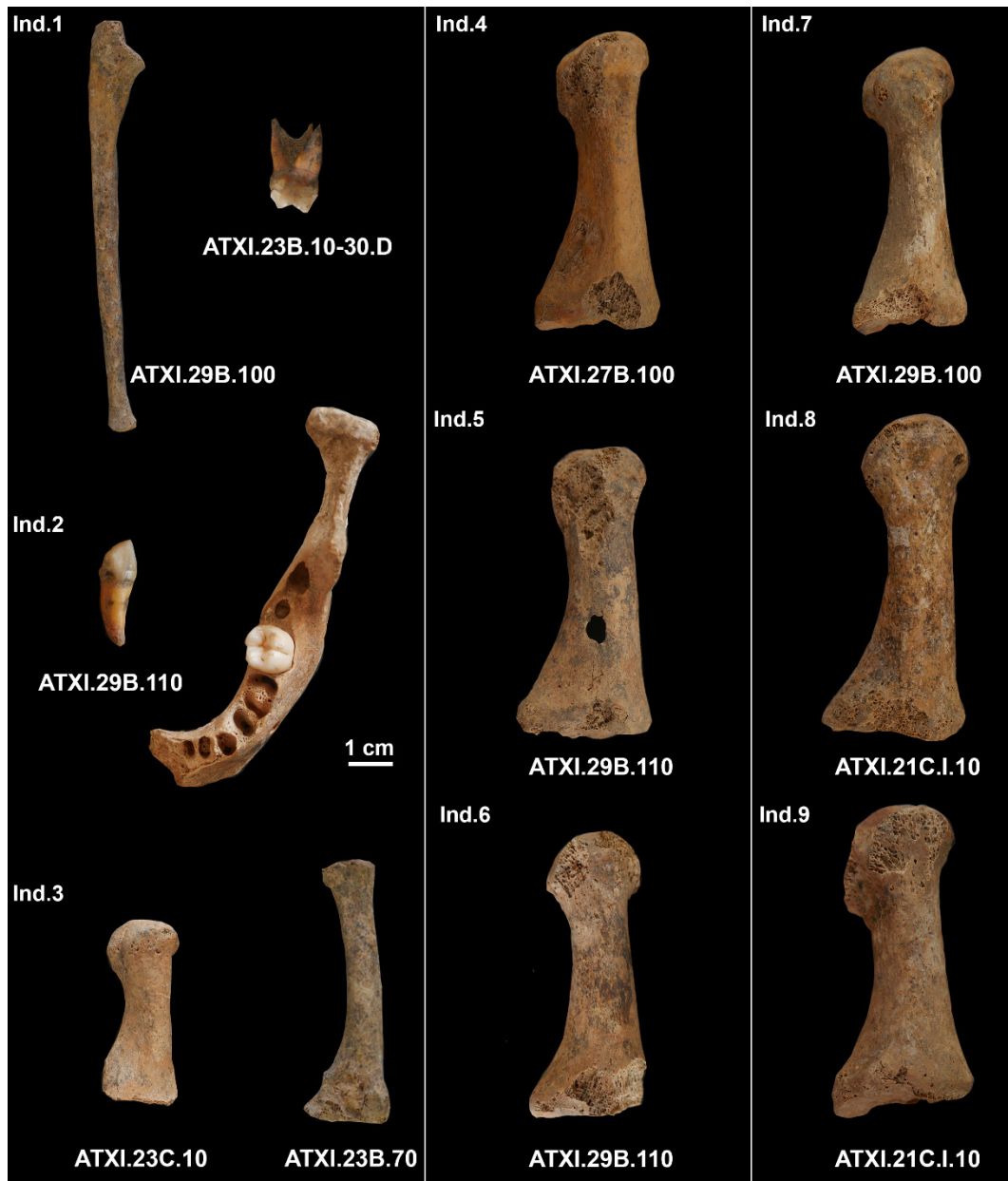


Figure 4.11. Selected bones representing the minimum number of individuals (MNI) represented in the Atxuri-I human collection.

4.5.2.3 Age-at-death estimation

The three subadult individuals have different ages-at-death. The youngest individual (Individual 1) was 3-4 years old based on the maximum length of the ulna (Figure 4.11; Scheuer et al., 2000).

For the second individual (Individual 2), an age-at-death between 6 and 8 years old has been determined based on the presence of an erupted first permanent molar but the second molar still being within the crypt (Lovejoy, 1985; Buikstra and Ubelaker, 1994).

The third subadult individual (Individual 3) has an estimated age-at-death between 13 and 16 years old, based on the lack of fusion of the proximal epiphysis of the first metatarsal (Figure 4.11; Scheuer et al., 2000). There is another metatarsal of similar characteristics, but from the opposite site, which is likely the antimere of this bone (García-Sagastibelza, 2017).

Regarding the adult individuals, the determination is based on dental wear of the dentition in maxillae and mandibles. Two of the mandibles belonged to individuals older than 35 years old, while a third one was between 21 and 35 years old when he/she died. In the case of the maxillae, two of the maxillae had an estimated age-at-death range between 18 and 24 years old and between 20 and 30 years old respectively. A third maxilla was between 40 and 50 years old at the time of his/her death (Table 4.16).

Table 4.16. Age-at-death estimation of the human individuals from Atxuri-I based on the dentition.

Label	Anatomical región	Side	Age group	State of wear ^a	Age range ^a	Age range ^b
ATXI.29B.110	mandible ^c	L	subadult	-	-	6-8
ATXI.27B.40	mandible	L	adolescent	-	-	21-35
ATXI.29B.100/ATXI.29B.100/ATXI.29B.110	maxilla	R/L/R	adolescent-adult	D-E	20-24/ 24-30	21-35
ATXI.31C.50B	maxilla	L	adolescent-adult	C-D	18-22/ 20-24	>21
ATXI (1957)	mandible	L	adult	-	-	>35
ATXI.17B.I.5	mandible	R	adult	-	-	>35
ATXI.29B.50/ATXI.31C.30	maxilla	L/R	adult	>H	>40-50	>35

^aBased on Lovejoy (1985).

^bBased on Buikstra and Ubelaker (1994).

^c Presence of M₁ and beginning of the calcification of M₂ (roots cannot be observed).

R = right side; L = left side

4.5.2.4 Sex assessment

In this collection, the sex assessment has been made using the two different methods: discriminant functions and *K-means* analysis. The study of the four humeri has provided clear results in only two of them: one classified as a male and the other as a female (Table 4.17). One femur, which is also studied biomechanically, was also assessed as a probably female individual (Table 4.18).

On the other hand, the first metatarsals were assessed by *K-means* analysis using the maximum length. In the case of a second metatarsal, it was compared to the results obtained in the Txotxinkoba collection, which preserves five 2nd metatarsals and where the same methodology has been applied (García-Sagastibelza et al., 2020b) suggesting the presence of at least two males and four females (Table 4.19).

Table 4.17. Sex assessment on the four humeri preserved on Atxuri-I.

Label	Side	Bicondylar width (a)	Result (a)	Possible sex assessment	Articular width (b)	Result (b)	Possible sex assessment	Assessed sex*
ATXI.15B.I.10	L	57	1.66	F	38	2.10	F	F
ATXI.23B.10-30	R	62.5	1.33	M	42.5	1.64	F	I
ATXI.27B.80	R	60	1.48	M	40.5	1.84	F	I
ATXI.29B.110	R	68.5	0.98	M	49.5	0.91	M	M

R = right side; L = left side

M = male; F = female; I = indeterminate.

*The formulae can be observed in section 4.4.3.

Table 4.18. Sex assessment on the left femur (label: ATXI.27B.70)*.

FHD	Possible sex assessment	Bicondylar width	Possible sex assessment	Bicondylar length	Possible sex assessment	Perimeter circumference	Possible sex assessment	Assessed sex*
40	F	73.75	F?	428	I	92.5	M	F?

*The formulae can be observed in section 4.4.3.

FHD: femoral head diameter.

F: female; F?: probably female; I: indeterminate; M: male.

Table 4.19. Sex assessment on the first and second metatarsal bones.

Anatomical region	Label	Side	Maximum length	Assessed sex*
1 st metatarsus	ATXI.19C.V.50	R	61.4	F
1 st metatarsus	ATXI.21B.II.20.4	L	61.4	F
1 st metatarsus	ATXI.21C.I.10	R	66.1	M
1 st metatarsus	ATXI.25B.90	R	67.5	M
1 st metatarsus	ATXI.27B.100	R	59.5	F
1 st metatarsus	ATXI.29B.100	R	59.0	F
1 st metatarsus	ATXI.29B.110	R	58.3	F
2 nd metatarsus	ATXI.25B.35	R	64	F

R = right side; L = left side

M = male; L = female

*Sex estimated by comparing it with the results obtained in Txotxinkoba (García-Sagastibelza et al., 2020b).

4.5.2.5 Stature and body mass estimation

The complete femur used in the biomechanical section (Section 5.5.1), representing a probable female, yielded an estimated stature of 160.4 cm and a body mass estimate of 53.1 kg (Table 4.20).

Table 4.20. Stature (\pm SEE; all in cm) and body mass estimations in the site of Atxuri-I.

Anatomical region	Label	Side	Estimated sex	Estimated body mass	Male ^a	Female ^a	Pooled sex ^b
Femur	ATXI.27B.70*	L	F	53.1	-	160.4	-
1 st metatarsal	ATXI.19C.V.50	R	F	-	-	163.0 \pm 2.91	165.1 \pm 4.85
1 st metatarsal	ATXI.21B.II.20.4	L	F	-	-	163.0 \pm 2.91	165.1 \pm 4.85
1 st metatarsal	ATXI.21C.I.10	R	M	-	175.3 \pm 3.68	-	172.0 \pm 4.85
1 st metatarsal	ATXI.25B.90	R	M	-	176.6 \pm 3.68	-	174.1 \pm 4.85
1 st metatarsal	ATXI.27B.100	R	F	-	-	160.5 \pm 2.91	162.4 \pm 4.85
1 st metatarsal	ATXI.29B.100	R	F	-	-	159.8 \pm 2.91	161.7 \pm 4.85
1 st metatarsal	ATXI.29B.110	R	F	-	-	158.8 \pm 2.91	160.6 \pm 4.85
2 nd metatarsal	ATXI.25B.35	R	F	-	-	151.8 \pm 3.79	152.6 \pm 5.485
Total metatarsals					176 \pm 0.92 (175.3-176.6) n= 2	161.0 \pm 1.91 (158.8-163) n= 5	165.9 \pm 5.22 (160.6-174.1) n= 7

SEE= Standard error of estimate.

^a Using formulae derived from Euroamerican samples.

^b Using formulae derived from a pooled sex and ancestry sample.

*This bone has been dated (section 3.5.1) and it has been ascribed to the Bronze Age.

R = right side; L = left side.

M = male; L = female.

The remaining stature estimations were done using the first and second metatarsals of the adult individuals. The second metatarsal, presumably belonging to a female individual, has yielded an estimated stature of 151.8 cm. The first metatarsals identified as female have a stature estimation between 158.8 and 163.0 cm (Table 4.20). In contrast, the first metatarsals associated to male individuals provide a stature estimation ranging between 175.3 and 176.6 cm.

4.5.2.6 Pathological lesions and anomalies

The fact that the human remains are commingled and that they are not well represented makes it difficult to infer palaeopathological conditions at the individual level. Here we introduce the most conspicuous pathological lesions and anomalies present in the Atxuri-I collection (Figure 4.12).

Most of the pathological anomalies were observed in the cranio-dental remains. A total of 140 teeth from different individuals were studied (Section 4.5.2.1), of which a considerable number show caries and plaque. In addition, there is one maxilla (ATXI.29B.100+110) that shows a rotated first upper left premolar (P³), but does not look that this anomaly complicated the mastication.

Regarding the postcranial remains, a cervical vertebra also shows the presence of osteophytes and deformation of both the lower articular facet and vertebral body, that would indicate the presence of arthrosis (Campillo, 2001).



Figure 4.12. Examples of anomalies and pathological lesions in the skeletal remains from the Atxuri-I cave site. From top to bottom: cranial view of a cervical vertebra with evidence of osteoarthrosis on the vertebral body and the lower left articular facet; occlusal view of a maxilla with the first upper left premolar (P^3) rotated.

4.5.3 *Lumentxa*

The Lumentxa human remain sample is composed of 227 human bone fragments (without dentition in maxillae/mandibles). We lack a proper archaeological context for a small part of the collection that was excavated in the old excavations (Arribas y Berganza, 2018; see section 2.1.3). Fortunately enough, the new excavations and direct dates have allowed a precise context for a large part of the human remains, and it has been possible to correlate bones from the old excavations to those from the new excavations. The direct radiocarbon dates indicate that the cave was repeatedly used for funerary purposes during different periods of the Recent Prehistory (see section 3.5.1).

4.5.3.1 Minimum number of elements (MNE)

In the collection of Lumentxa, the 249 human remains (201 bone fragments + 48 dentition remains; Table 4.21) represent a minimum number of 235 elements (186 bone fragments + 49 dentition remains), including 7 remains that were recovered during the first period of excavations (Aranzadi, 1929), but are not currently present in the collection. In this collection, there are present remains that are not preserved in the previous sites, like hyoid bones, pubis, sacrum or coccyx, which could be related to the fact that these derive from a more modern excavation system. In general, bones related to the hands and feet are proportionally less represented than in the previous collections, and vertebrae are more represented.

4.5.3.2 Minimum number of individuals (MNI)

In the case of Lumentxa, seven individuals have been identified on the collection: two of them are subadults, one of them is a child or adolescent, another one is a young adult and the remaining three individuals are adults. 170 of the total remains (182 before refitting without considering dentition in maxillae/mandibles) were assigned to the different individuals, while 43 (46 before refitting) could not be assigned to any individual (Table 4.21).

The individual named as Individual 2 is the one described by Aranzadi (1929), which is not currently stored with the rest of the collection, but has been considered for the general count (Figure 4.13). Five additional bone remains cannot be associated to neither of the two subadult individuals already identified. Individual 5 is the individual best represented, with 110 bone remains (Table 4.22).

Table 4.21. Minimum number of elements (MNE) of the cave of Lumentxa.

Anatomical region	NR	MNE				
		Subadult	Adult	Indeterminate	Disappeared subadult ¹	Total
Neurocranium	24	5 ²		14	1	20
Maxillae	3	2	1			3
Mandible	4	1	3		1	5
Dentition in maxillae/mandibles	22	8	14			22
Dentition (isolated)	26	4	16	6 + 1 ³		27
Hyoid bone	2		1	1		2
Cervical vertebrae	10		9	1		10
Thoracic vertebrae	21		20			20
Lumbar vertebrae	17		11			11
Sacrum	1		1			1
Coccyx	1		1			1
Indeterminate vertebrae	1			1 + 1 ³		2
Ribs	31	1	19	7		27
Clavicles	3		2	1 + 1 ³		4
Scapulae	9		3	2		5
Humeri	7	1	4	2		7
Radii	2		2			2
Ulnae	2		2			2
Carpal bones	7		7			7
Metacarpals	6		6			6
Hand phalanges (proximal/intermediate/distal)	21		9/3/7	0/2/0 + 1 ³		22
Pubis	2	2				2
Femora	3		3	1 ³		4
Fibulae	6		5			5
Tarsal bones	8		8			8
Metatarsals	5		4	1		5
Foot phalanges	5		3/2/0			5
Total (without dentition)	201	12	136	36	2	186
Total dentition	22+26 (isolated)	8+4 (isolated)	14+16 (isolated)	6 + 1³ (isolated)	-	22 + 27 (isolated)

¹Individual not stored at the Arkeologi Museoa (Bilbao, Bizkaia) but listed in Aranzadi (1929).²One neurocranium fragment is composed by six smaller fragments.³Bone remains that appeared along the lost individual listed in Aranzadi (1929), but not stored at the Arkeologi Museoa (Bilbao, Bizkaia). Aranzadi (1929) and Aranzadi and Barandiarán (1935) described that there was a human femoral head, a human molar, a subadult vertebra, a phalanx and a small clavicle.

Table 4.22. Minimum number of individuals (MNI) of the cave of Lumentxa and the minimum number of elements (MNE) associated to each individual.

Individual	Age-at-death	MNE associated
1	Subadult	11
2 ^a		2
1 or 2 ^b		5
3	Young adult	6
4	Adult	24
5		110
6		9
7		3
Indeterminate	-	38 + 5 ^c

^aIndividual currently lost, but described by Aranzadi (1929).

^bBone remains that could belong to any of the two subadult individuals.

^cBone remains that were described together with the cranium of Individual 2 (Aranzadi, 1929).

4.5.3.3 Age-at-death estimation

In this collection, the age-at-death was estimated in almost all individuals, except in Individual 6.

The Individual 1 (Figure 4.13), has an estimated age-at-death between 3 and 5 years old based on the pattern of dental eruption of the partially preserved maxilla and mandible (Table 4.23 and Figure 4.14; Crétot, 1978; AlQahtani et al., 2010). The second individual, currently lost, could not be directly studied, but based on the drawings provided by Aranzadi (1929; Figures 4.1 and 4.13) it seems that he/she had a similar degree of dental eruption compared to Individual 1, and thus a similar age-at-death has been proposed.

Table 4.23. Age-at-death determination for individuals from Lumentxa based on the dentition.

Individual	Label	Anatomical region	Side	Age group/category	State of wear ^a	Age range ^a	Age range ^b	Age range ^c
1	L.14H.1	maxilla	R	non-adult	-	-	3-5	3.5-4.5
	L.16H.160.1	maxilla	L		-	-	3-5	3.5-4.5
	L.28K.1198.rev	mandible	R + L		-	-	3-5	3.5-4.5
3	L.14H.5	mandible	R	young adult	B1	18-21	>15	18-21
4	L.14Z.455.2	mandible	R	adult	F/G	30-35/35-40	>35	25-35
5	L.11F.110	maxilla	L	adult	H/>H	40-50/>50	>35	35-45
	L.14Z.480.1	mandible	R + L		I/>I	45-55/>55	>35	35-45

^aBased on Lovejoy (1985).

^bBased on Buikstra and Ubelaker (1994).

^cBased on Brothwell (1981).

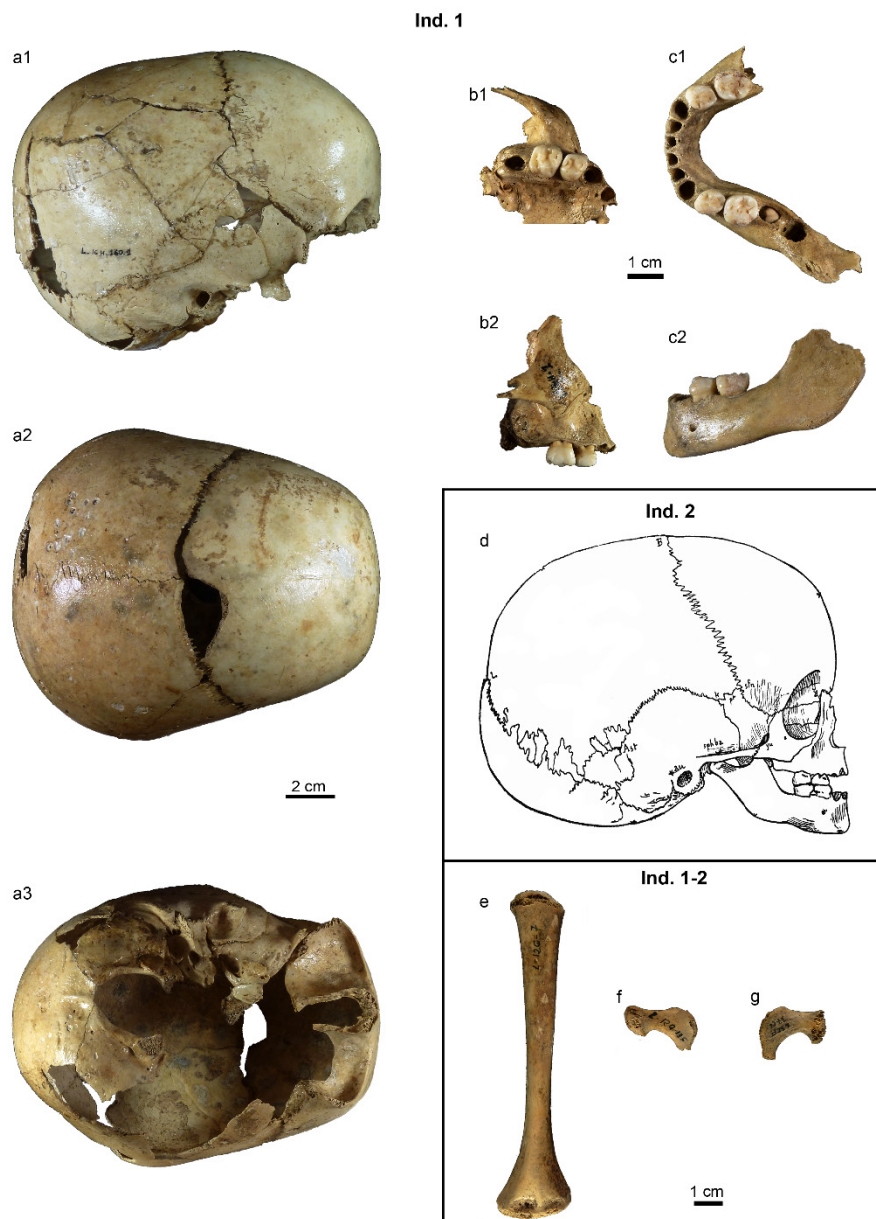


Figure 4.13. Lateral (a1), superior (a2) and inferior (a3) views of the neurocranium, inferior (b1) and lateral (b2) views of the maxilla, and superior (c1) and lateral (c2) views of the mandible assigned to Individual 1. Lateral (d) view of the cranial remains of the Individual 2 (cranial drawing from Aranzadi, 1929), which show a similar age-at-death to Individual 1. The immature postcranial remains, a left humerus (e) and two pubis fragments (f, g) cannot be clearly attributed to any of these individuals.

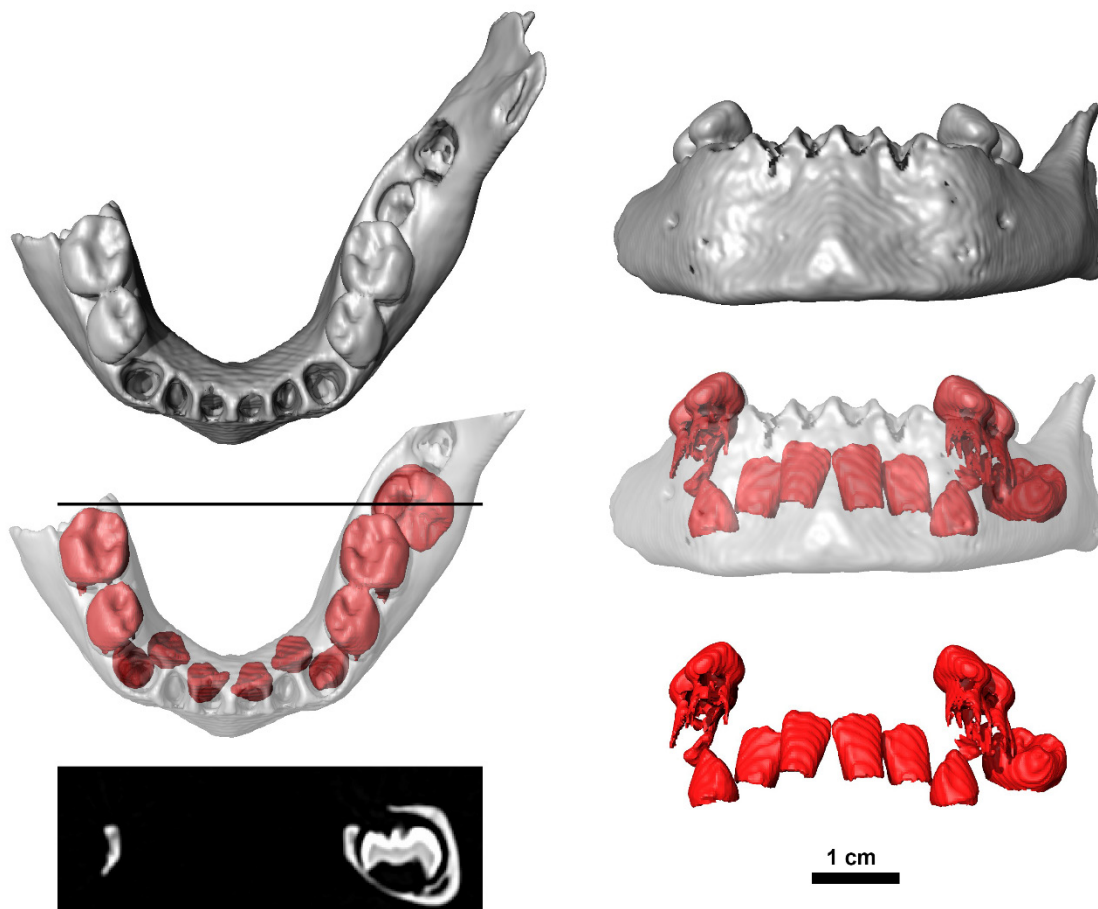


Figure 4.14. Dental development of Individual 1 from Lumentxa. On the left: occlusal view showing the deciduous teeth (top), occlusal view showing all the teeth (middle, line indicates cross-section location) and cross section (bottom) of the mandible of Individual 1 showing the development of the M_1 in the crypt. On the right: mandible in anterior view showing the erupted deciduous molars (top), and all teeth (middle and bottom). This individual shows the cusp of the initiation of the P_3 and the crown of the M_1 is virtually complete which suggests an age of more than 2 years and around 2.5 years based on Smith (1991).

The Individual 3 preserves the right half of the mandible, with all the molars (M_1 - M_3). Even if the third molar is not in occlusion, its root is formed, therefore its age-at-death has been estimated between 18 and 21 years old (Table 4.23).

The radius associated to this individual (label: L.10D.75.1, and an estimate stature of 164.2 cm) shows a metaphyseal line that could be consistent with the estimated age-at-death with the mandible. An age-at-death between 25 and 40 years old has been estimated for the Individual 4, which preserves the right half of the mandible. This individual is associated to an incomplete femur (label: L.26E.221,5.20.L8), with an estimate stature of 145.8 cm. In the Individual 5 (Figure 4.15), with both maxilla and mandible preserved, the age-at-death estimated is between 35 and over 55 years old, depending on the methodology used (Table 4.23).

Lastly, in Individual 7, the age-at-death has been estimated based on the lack of fusion of the distal epiphysis of the femur. Its estimated age-at-death is between 8 and 16 years old, which would be consistent with the relatively small size of the other bones attributed to this individual (two humeral fragments).

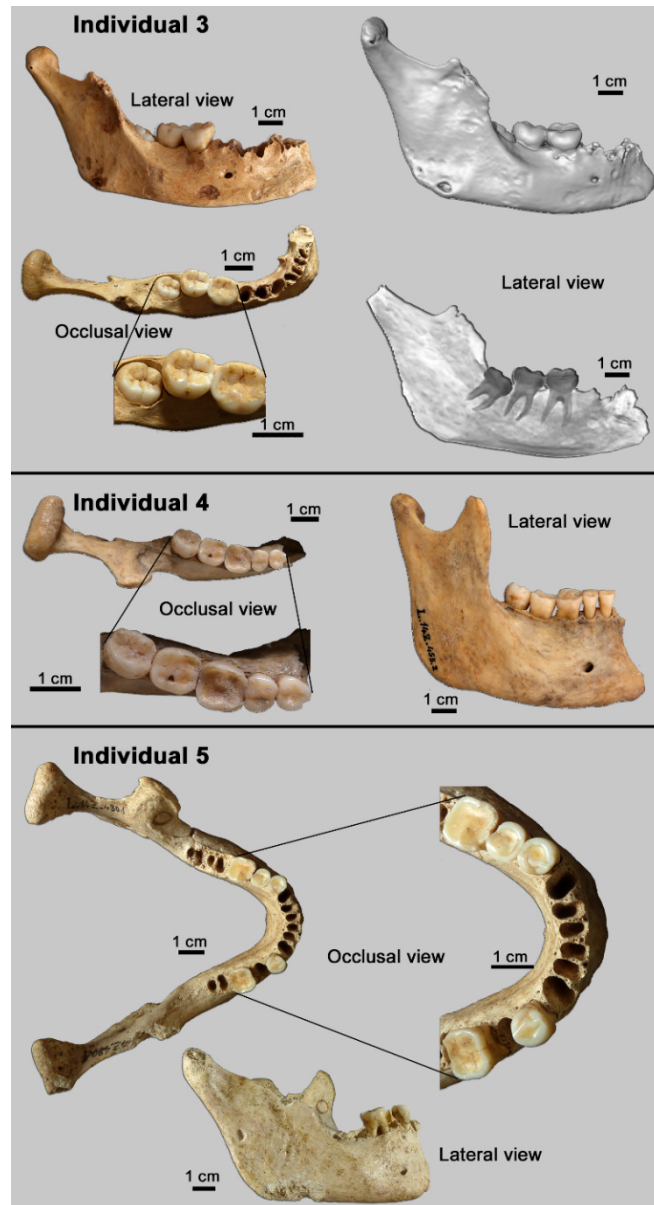


Figure 4.15. Mandibles of Individuals 3, 4 and 5 from Lumentxa in occlusal and lateral views. The mandible of Individual 3 (label: L.14H.5) provides an estimated age-at-death of between 15 and 21 years old, based on the complete root development of the three molars and the degree of dental wear (see text). Left: photographs. Right: 3D surface model (above) and radiograph (below) showing root development. The mandible of Individual 4 (label: L.14Z.455.2) belonged to an adult aged between 25 and 40 years old, based on dental wear (see text). Note the carious lesions in the cervical region of the M_1 and on the occlusal surface of the M_2 . The mandible of Individual 5 (label: L.14Z.480.1) belonged to an older adult with an estimated age-at-death of between 40 and 55 years old, based on dental wear.

4.5.3.4 Sex assessment

Only two adult individuals (Individuals 4 and 5) were assessed, as only in these individuals some of the dimorphic bones like mandible or long bones were sufficiently preserved. Individual 4 has been determined as a probably female, basically due to the gracility of the mandible, which would be consistent with the smaller size of the fibula, and the vertebrae compared to other individuals from Lumentxa. In the Individual 5 the projection of the mental eminence (Buikstra and Ubelaker, 1994) and the square shape of the chin (Bass, 2005) suggest that this was a male individual. Moreover, the measurements taken on the humerus and the femur can also support this statement: the two measurements of the humerus (Table 4.24; see section 4.4.3.1) and two of the three measurements of the femur (bicondylar width and femoral head diameter) are closer to male values (Table 4.25).

Table 4.24. Sex assessment on the right humerus (label: L.28F.240,5.1.L9) of the Individual 5 of Lumentxa (France, 1983).

Section of the humerus	Measurement	Result
Epicondylar width	59.4	1.51
Articular width	23.7	3.59

Table 4.25. Sex assessment on the left femur (label: L.28G.253,5.9.L9) of the Individual 5 of Lumentxa (Bass, 2005).

Section of the femur	Measurement	Result
Bicondylar width	78.4	Male?
Femoral head diameter	44.6	Male?
Trochanteric oblique length	404.0	Indeterminate

4.5.3.5 Stature and body mass estimation

The stature and body mass has only been estimated in Individual 5, as it is the only adult individual that preserves a complete femur. This individual has an estimated stature of 156.8 cm, while the body mass has been estimated in 61.7 kg.

4.5.3.6 Pathological lesions and anomalies

Individual 4 shows evidence of caries on the distal cervical region of the M_1 and in the vestibular half of the occlusal side of M_2 , which affects the enamel and the dentine (Figure 4.15). The first molar also has a loss of cementum and dentine on the distal side of the root. Overall, the three molars have small deposits of dental calculus and alveolar

recession. The Individual 5, on the other hand, does not present any caries, but there are large deposits of dental calculus. Moreover, this individual also has severe alveolar reabsorption, which indicates the presence of periodontal disease (Figure 4.15).

Regarding the postcranial remains, the radius of the Individual 5 shows evidence of a healed fracture of the radial head (Figure 4.16). Additionally, the study of the vertebrae of Individuals 4 and 5 indicates that these individuals did not have scoliosis due to the absence of marked asymmetries, but on Individual 6, this feature could not be assessed, as most of the vertebrae are broken (Figure 4.17). These three individuals present osteophytes in some of their vertebrae, which suggests the presence of osteoarthritis (White and Folkens, 2005), being less developed in Individual 4. The detailed data of the individual vertebrae can be observed in the Table 4.26, 4.27, and 4.28.

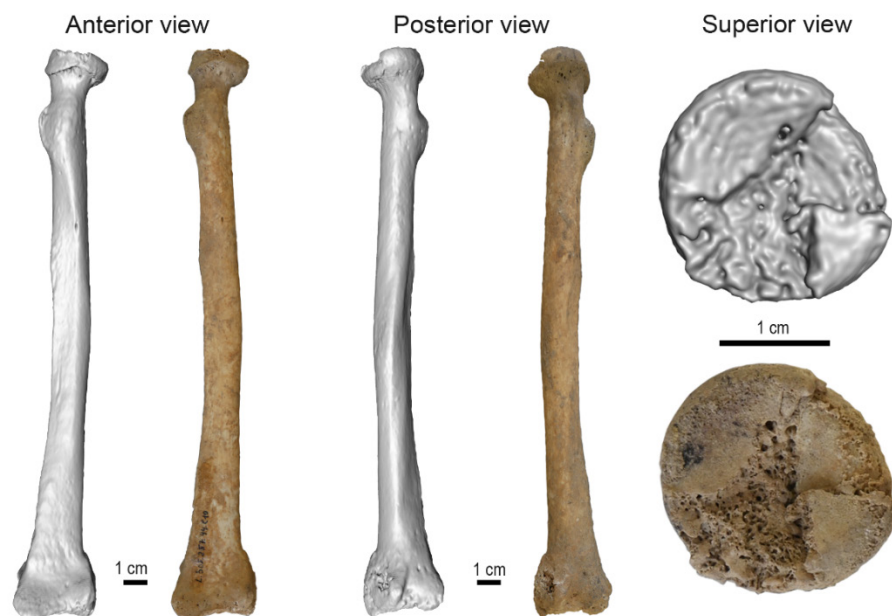


Figure 4.16. Anterior, posterior and superior views of the radius (L.30F.257.44.L10) assigned to Individual 5, showing a healed fracture of the proximal epiphysis. The grey images are 3D surface models derived from CT scans, while colour images are photographs.

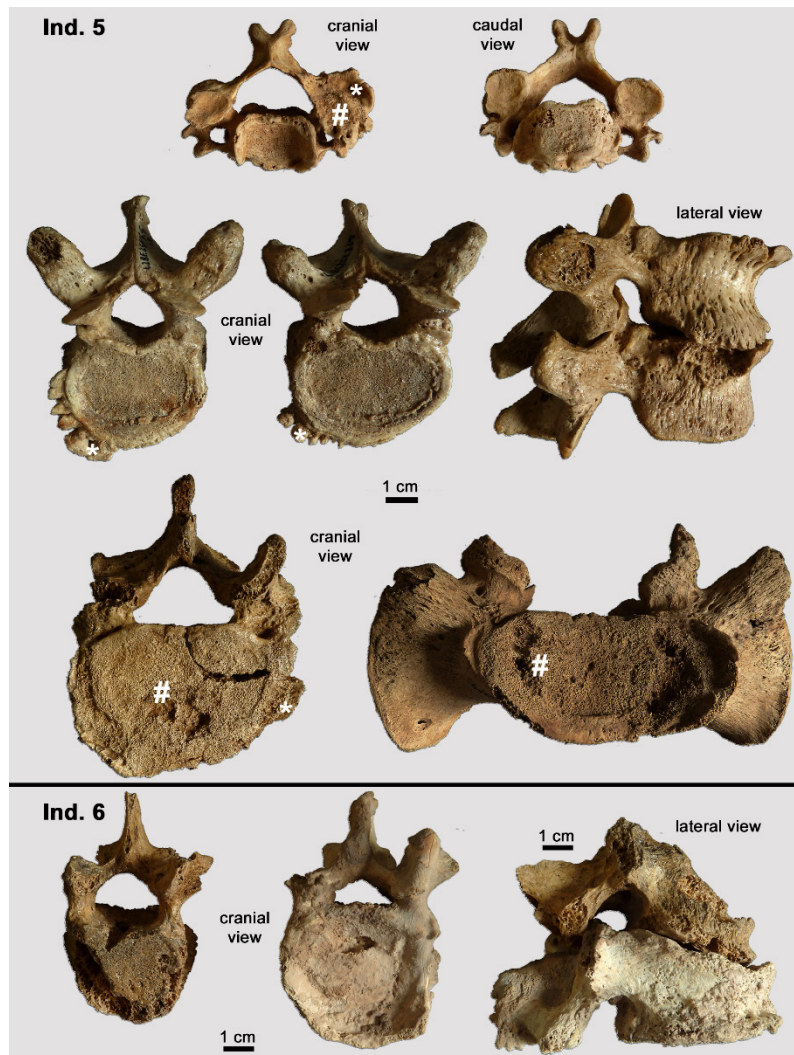


Figure 4.17. Selected spinal anomalies from Individuals 5 and 6. Individual 5: selected cervical (top row), thoracic (middle row), lumbar vertebrae and sacrum (bottom row). * indicates osteophytes, while # indicates porosity. Individual 6: Cranial and lateral views of two pathological lumbar vertebrae whose vertebral bodies have collapsed, which probably resulted in postural problems in this individual. Note the presence of calcium carbonate crust adhering to the caudal-most vertebra.

Table 4.26. Quantification of the degree of osteoarthritis in the Individual 4.

	C6?	C7?	T1	T3?	T5?	T6?	T8?	T9?	T10?	L4?
Cranial facets										
Right surface	0	0	0	0	0	0	0-1?	0	0	0
Right margin	0-1	1-2	2?	0	0-1	0	0	0-1?	0	2
Left surface	1-2	0	0	0	0	0	0	0	0	-
Left margin	2	1-2	0	0	0-1	0-1	0	0	0	-
Caudal facets										
Right surface	0	0	0	0	0	0	0-1?	0-1?	0	-
Right margin	0	2	1?	0	1	0	0-1	0	0	-
Left surface	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Left margin	1	0	2	0	0	0	0-1?	0	0	0
Cranial body										
Surface	0	0	0	0-1?	0	1	0	0	0	-
Ventral	0-1	0-1	2?	0	0	0	1?	2?	0	-
Dorsal	1	2	0-1	0	0	0	0	0	0	-
Right	0-1	1	0	0	0	0-1?	1?	2?	0-1?	-
Left	1?	0	0	0	0	0-1?	0	2?	0	-
Caudal body										
Surface	0	0	2	0-1?	0-1?	1	0	0	0	-
Ventral	0	0-1	2	2	0	0	1?	2?	0	-
Dorsal	2	0-1	-	0	0	0-1	0	0	0	-
Right	0-1	0	0-1?	1	0	0	1?	1-2?	0-1	-
Left	0	0	-	2	0-1?	0	1?	1	0-1	-
Costal facets (vertebral body)										
Right surface	-	-	0	0	0	0	0	0	0	-
Right margin	-	-	0	0	0	0	0	0	0	-
Left surface	-	-	0	0	0	0	0	0	0	-
Left margin	-	-	0	0	0	0	0	1-2?	0	-
Costal facets (transverse process)										
Right surface	-	-	0	0	0	0	0	0	0	-
Right margin	-	-	1	0	1?	0	0	0	0	-
Left surface	-	-	0	0	0	0	0	0	0	-
Left margin	-	-	1	0	0	0	0	0	0	-

Scoring definitions: 0, normal (absence of degenerative changes); 1, small exostoses/osteophytes on margins; 2, large exostoses/osteophytes on margins; 1, minor subchondral/subintervertebral disc degenerations; 2, extensive degeneration of the subchondral/subintervertebral disc bone; -, absence of relevant portion of bone; ?, extent of degeneration uncertain due to damage.

Table 4.27. Quantification of the degree of osteoarthritis in the individual 5.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	T1	T2	T5?	T6?	T8	T9	T10	T11	T12	L1	L2	L3	L4	L5	S1
Cranial facets																					
Right surface	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Right margin	0	0	0	0	0	0	1-2	0	1?	2	0	0	0	0	2?	3?	2	2?	0	0	1
Left surface	0	0	0-1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	-	2?	0
Left margin	0	0	2	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1?	-	2	-	-	1
Caudal facets																					
Right surface	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	-	-	-
Right margin	0	0	3	0	2	1	2	0	0	0	0	0	0	2	0-1?	2	-	2	-	-	-
Left surface	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1-2	0	0	0	-	0	-
Left margin	0	2	0	0	0	1	0	1-2?	2	0	0	0	2?	1?	3	2	-	2	-	2	-
Cranial body																					
Surface	-	-	0	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Ventral	-	-	0	2	2	2	0	0	0	2	2	3	3	(3)	0	2	3	2	0	2	2
Dorsal	-	-	0	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0
Right	-	-	0	0	2	3	0-1	0	0	2	0-1?	2	2	3	0	0	-	2	0	2	2
Left	-	-	0	2	2	2	0-1	0	0	2	0-1?	0-1?	0-1?	0	0-1?	1-2?	-	2	-	2	2
Caudal body																					
Surface	-	0	1	1	1	1-2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	-
Ventral	-	0	2	2	0	3	1?	0	2	2	2	2	2	0	0	3	2	2	0	0	-

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	T1	T2	T5?	T6?	T8	T9	T10	T11	T12	L1	L2	L3	L4	L5	S1
Caudal body																					
Dorsal	-	0	2	2	2	1	0	2	0-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	-
Right	-	0	2	3	2	3	0	0	2	1-2?	0-1?	2	0-1?	2?	(1)	2?	0	2?	-	3	-
Left	-	0	2	3	3	3	0	0	1-2?	1-2?	0-1?	2	3	0	1	2	2	2	0	2	-
Costal facets (vertebral body)																					
Right surface	-	-	-	-	-	-	0	-	0	0	0	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-
Right margin	-	-	-	-	-	-	0	-	0	0	0	-	-	2-3?	2	-	-	-	-	-	-
Left surface	-	-	-	-	-	-	1	-	1-2?	0	0	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-
Left margin	-	-	-	-	-	-	2?	-	2?	0	0	-	-	2	2?	-	-	-	-	-	-
Costal facets (transverse process)																					
Right surface	-	-	-	-	-	-	0	-	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Right margin	-	-	-	-	-	-	0	-	2?	0	0	2?	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Left surface	-	-	-	-	-	-	0	-	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Left margin	-	-	-	-	-	-	0	-	2?	2?	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Scoring definitions: 0, normal (absence of degenerative changes); 1, small exostoses/osteophytes on margins; 2, large exostoses/osteophytes on margins; 1, minor subchondral/subintervertebral disc degenerations; 2, extensive degeneration of the subchondral/subintervertebral disc bone; -, absence of relevant portion of bone; ?, extent of degeneration uncertain due to damage.

Table 4.28. Quantification of the degree of osteoarthritis in the Individual 6.

	C1	T3?	T7?	T8?	T11?	L1?	L2?	L3?
Cranial facets								
Right surface	0	2	0	0	-	0-1?	-	-
Right margin	1	1	-	0	-	2	-	-
Left surface	0	0	0	0	0	0	0	-
Left margin	1	0	-	0	0	0	0	-
Caudal facets								
Right surface	2?	0	0	0	0	0	-	-
Right margin	2?	1?	-	0	-	-	-	-
Left surface	0	0	0	0	0	-	-	-
Left margin	2?	0-1?	-	-	-	-	-	-
Cranial body								
Surface	-	0	0	0	0	2	2	-
Ventral	-	-	-	-	0	-	3	0
Dorsal	-	0	0	0	0	-	2?	-
Right	-	-	-	-	0	-	3	-
Left	-	-	-	-	0	-	2-3	0
Caudal body								
Surface	-	0	0	0	0	0	2	-
Ventral	-	-	-	-	0	2	3	1
Dorsal	-	0-1?	-	-	0	0-1	2?	-
Right	-	-	-	-	0	2	3	-
Left	-	-	-	-	0	-	2	2?
Costal facets (vertebral body)								
Right surface	-	0	-	-	0	-	-	-
Right margin	-	0	-	-	0	-	-	-
Left surface	-	0	-	0	1?	-	-	-
Left margin	-	0	-	0	1?	-	-	-
Costal facets (transverse process)								
Right surface	-	-	0	0	-	-	-	-
Right margin	-	-	0	-	-	-	-	-
Left surface	-	0	-	0	-	-	-	-
Left margin	-	0	-	-	-	-	-	-

Scoring definitions: 0, normal (absence of degenerative changes); 1, small exostoses/osteophytes on margins; 2, large exostoses/osteophytes on margins; 1, minor subchondral/subintervertebral disc degenerations; 2, extensive degeneration of the subchondral/subintervertebral disc bone; -, absence of relevant portion of bone; ?, extent of degeneration uncertain due to damage.

4.5.3.7 The Lumentxa Individuals

In this section, the anthropological data for each of the Lumentxa's individuals will be provided together with their archaeological as well as taphonomical information. The archaeological data was provided by José Luis Arribas, while the taphonomic study was made by Antonio Rodríguez-Hidalgo. In this site, the bone association for each individual followed a double approach, combining anatomical and stratigraphical criteria, the latter provided by José Luis Arribas, the director of the last excavations in Lumentxa.

The anatomical representation of the individuals identified in the site of Lumentxa can be found in Table 4.29.

Individual 1 (3,550 ± 30 B.P.; Bronze Age)

Individual 1 is represented by 11 remains including the neurocranium (see Figure 4.13), part of the maxilla and part of the mandible and four isolated teeth. All bones show a good preservation of the cortical surfaces. Overall, these bones are either disarticulated (e.g., temporal bone L.16H.160.1A) or fragmented, with break edges compatible with diagenetic fragmentation (e.g., the maxilla L.14H.1 with a small fracture to the zygomatic bone, or cranium L.16H.160.1 with several fractures). The cranium also presents evidence of trampling in the form of concentrated grooves in the outer face of the neurocranium, as well as erosion, colour changes (brown) probably of biochemical origin and dissolution domes scattered on both sides compatible with chemical erosion of biological origin (Figure 4.18.a, 4.18.a1). There is a large groove (31 mm long) in the right orbital, which may be compatible with superficial trampling, showing microstriation in the bottom of a shallow mark and accompanied with several smaller and more superficial striae (Figure 4.18.a, 4.18.a2). On the right temporal bone, there is a short and deep groove of 12 mm length, compatible with modern scraping made by a metallic tool, as indicated by its width and colour change (Figure 4.18.a, 4.18.a1). The mandible (label: L.28K.1198.rev) presents scattered arborescent black staining caused by the precipitation of manganese oxide (Table 4.30).

The cranium of this individual was recovered in a small strip of intact sediment located between the areas excavated during the first and last excavation seasons. A trench of 5 x 1 m² was excavated between squares 14H and 22H, where modern materials and sediment collapsed from the section wall were found, that filled the void left by the archaeological intervention.

Table 4.29. Anatomical representation of the individuals identified in the site of Lumentxa.

Anatomical region	Individual 1	Individual 2	Individual 1 or 2 (6 small fragments)	Individual 3	Individual 4	Individual 5	Individual 6	Individual 7	Indeterminate	Total
Neurocranium	4	1*							14	20
Maxillae	2					1				3
Mandibles	1	1*		1	1	1				5
Isolated teeth	4			4		12			6 + 1*	27
Hyoid bone						1			1	2
Cervical vertebrae					2	6	1		1	10
Thoracic vertebrae					7	9	4			20
Lumbar vertebrae					3	5	3			11
Sacrum						1				1
Coccyx						1				1
Indeterminate vertebrae									1 + 1*	2
Ribs			1		2	17			7	27
Scapulae					1	2			2	5
Clavicles						2			1 + 1*	4
Humerii			1		1	1		2	2	7
Radii				1		1				2
Ulnae					1	1				2

Anatomical region	Individual 1	Individual 2	Individual 1 or 2	Individual 3	Individual 4	Individual 5	Individual 6	Individual 7	Indeterminate	Total
Carpal bones						7				7
Metacarpals						6				6
Hand phalanges (proximal/ intermediate/distal)						9/3/7			0/2/0 + 1*	22
Pubis			2							2
Femora					1	1		1	1*	4
Fibulae					2	2	1			5
Tarsal bones						8				8
Metatarsals					1	3			1	5
Foot phalanges (proximal/ intermediate/distal)					1/1	2/1/0				5
Total (without dentition)	7	2*	5	2	24	98	9	3	36	186
Total dentition	4			4		12			6 + 1*	27

*Human remains described by Aranzadi (1929) currently lost. Apart from a complete cranium and mandible (Figure 5.13). Aranzadi (1929) and Aranzadi et al. (1935) described that there was a human femoral head, a human molar, a subadult vertebra, a phalanx and a small clavicle.

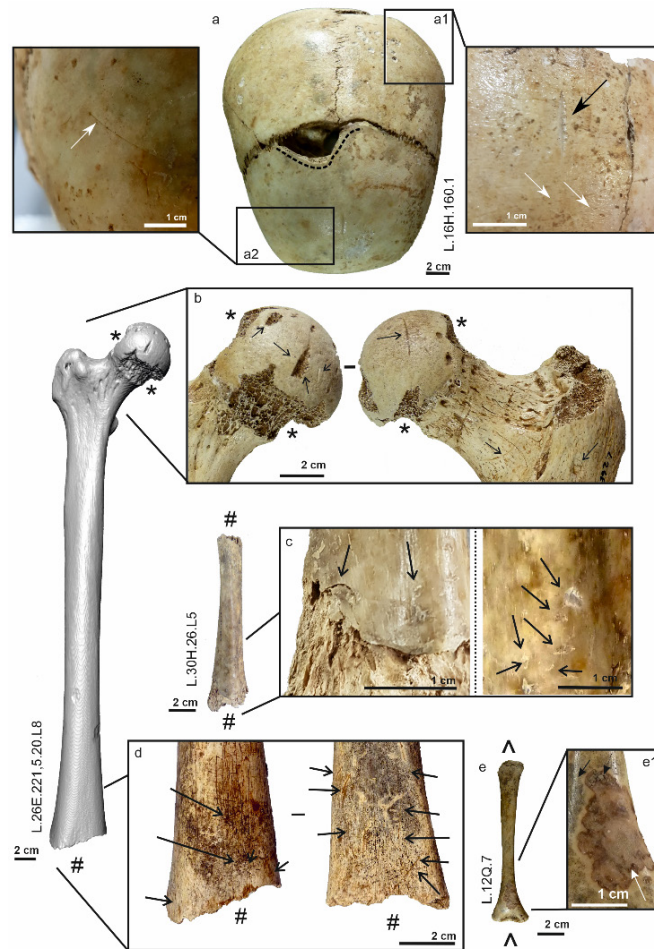


Figure 4.18. Taphonomic modifications observed on the human remains from Lumentxa: a) cranium with postdepositional fracture (black dashed line), a1) biochemical erosion (white arrows) and modern damage from metal tools (black arrow), a2) trampling; b) gnawing of the proximal epiphysis of the femur, furrowing (*) and bite marks (scores and pits, black arrows); c) humerus with a total loss of the epiphyses by furrowing finally generating scooping out (#), (pits, black arrows); d) loss of the epiphysis (#) and associated bite marks (scores) (arrows); e) subadult humerus with tissue loss (^), e1) enlargement of the slight biochemical erosion with colour changes (white arrows), cementation (black dotted arrow) and black staining by precipitation of manganese oxide (black arrow).

Individual 2

In 1928, an immature individual was recovered, comprising the cranium and the mandible (Aranzadi, 1929) which shows an estimated age-at-death similar to Individual 1 (Figure 4.13). We refer to this individual as Individual 2. This individual is not stored in the Arkeologi Museoa and its whereabouts are currently unknown.

Table 4.30. Taphonomic modifications of human skeletal remains from Lumentxa.

Individual	NISP	Modifications							
		Burned	Tooth Marks	Root	Trampling	Biochemical	MN	Cementation	Rodent
1	11				X	X	X		
2	2								
1-2	5					X	X		
3	6			X		X	X		
4	24	X	X	X	X	X	X	X	
5	110			X		X	X	X	
6	9							X	
7	3		X				X		
non-assigned	43		X			X	X	X	X
		Modification							
		NISP - (%) total - (%) no dental remains							
		Burned	Tooth Marks	Root	Trampling	Biochemical	MN	Cementation	Rodent
		2-0.94-1.07	3-1.41-1.60	4-1.88-2.14	3-1.41-1.6	32-15.02-17.11	29-13.62-15.51	7-3.29-3.74	1/0.47/0.53

Individual 1 or 2

Additionally, there are five immature human remains (Table 4.29) that could be compatible with both Individuals 1 and 2, which include cranial and fragmented postcranial remains. They do not have diagnostic characters that allow us to deduce the type of fragmentation, but the cranial fragments composed of six small fragments (label: L.16H.160.D) present fractures of diagenetic type (right and mixed angles and irregular edges). A complete humerus (label: L.12Q.7; on both sides) and a pubis (label: L.12Q.135; on the outer face) present biochemical erosion in form of (eroded) domes and colour changing. The humerus also shows arborescent staining from the precipitation of manganese oxide (Figure 4.18e, 4.18.e1). As these two bones were recovered in a wall cavity rather from sediment, we cannot rule out the possibility that these taphonomic alterations are very recent (Table 4.30). The remaining three bones are slightly eroded, with some tissue loss in areas with low mineral density (spongy and/or epiphyseal bone). The lack of precise stratigraphic context for these remains precludes further association. Apart from the cranium and mandible from Individual 2, Aranzadi (1929) described the recovery of five additional human remains, all of which are currently lost, including a minimum of two belonging to subadult individuals. The lack of precise description and stratigraphic context for these remains precludes further association.

Individual 3

Six human remains have been assigned to Individual 3 (Table 4.29): a mandible, four isolated teeth and a radius.

The radius (label: L.10D.75.1) shows a colour change towards the distal epiphysis of indeterminate origin, where the bone darkens while the rest of the bone looks normal. The dark colour could have been caused by changes related to biochemical modifications (Table 4.30). It also has some small and very superficial root etching with colour changes to reddish-brown. Some biochemical changes were observed (blue staining) with cortical peeling on the other side of the distal epiphysis.

The human remains attributed to this individual have different stratigraphic contexts. Two of the teeth were recovered on the surface of the floor (Level A of the first period of excavation and inferior part of Level IIA from the third period of excavation), which has modern intrusions and evidence of a Late Roman occupation. The other two teeth come from the superior part of Level IIB from the recent period of excavation. The mandible was found in the same trench as the Individual 1 cranium. Lastly, the radius was recovered during the 1920's excavation at a depth corresponding to the lower part of Level II (Neolithic).

Individual 4 (4,780 ± 30 B.P., 4,810 ± 35 B.P.; Chalcolithic)

The fourth individual comprises 24 remains (Table 4.29). This individual preserves the right half of the mandible, a scapula, two ribs, 12 vertebrae, a humerus, an ulna, a femur, two fibulae, a metatarsal and two foot phalanges.

The vertebrae present minor tissue loss (erosions) compatible with diagenetic destruction, primarily located in the vertebral body in four of them. Two vertebrae display isolated biochemical erosion, while another has black manganese oxide staining. The L.15V.485 vertebra shows three non-circular depressions of unknown origin on the vertebral body (two on one side and one on the other). This vertebra is complete and does not present any fracture or modification, and thus it is unlikely that these depressions were caused by carnivores (Table 4.30). The L.11F.125.2 vertebra presents a small groove of unknown origin in the right lamina of the lateral apophysis, which is not compatible with cut marks, trampling or bite marks. The L.32G.215,5.18.L7 vertebra shows small carbonate concretions filling fissures and holes. The ulna (label: L.30K.221,5.76.L7) is missing the distal epiphysis and part of the proximal epiphysis as a consequence of diagenesis.

The femur (label: L.26E.221,5.20.L8) lacks the distal epiphysis and has some damage to the femoral head and the greater trochanter, due to the action of carnivores (Figure 4.18b). There are some bite marks in the spongy tissue of the proximal epiphysis (width > 3 mm), compatible with large size carnivores. There is also evidence of

trampling in the form of scattered marks (Figure 4.18.d). A fragment of the diaphysis of the fibula (label: L.28F.44.L7) presents a double colour cremation (rubefacted and partially carbonised). This is probably accidental, due to the location of the bone close to a hearth (Arribas Pastor and Berganza Gochi, 2018). It also has evidence of trampling in form of isolated grooves and root etching.

A proportion of the remains of this individual were recovered during all three different excavation seasons, but the greatest amount was recovered in the most recent excavation. Three remains were recovered during the first period of excavation and another three remains during the second period. The latter have coherence with the spatial distribution and the depth of the bones recovered in the 80s and 90s ($n = 18$; Level IIB; Chalcolithic, Early Bronze Age). It is noteworthy that the vertebrae recovered in these two periods of excavation are consistent in size and age-at-death (as far as can be assessed from these elements) and perfectly articulate with each other.

Individual 5 (5,105 ± 80 B.P.; Neolithic)

The fifth individual is the best preserved and most complete from this collection, preserving 110 anatomical elements from all anatomical regions (Table 4.29). The long bones assigned to this individual (one humerus and one femur), were biomechanically analysed (chapter 5).

The remains do not show any remarkable taphonomic modifications. Fourteen remains present biochemical erosion to different degrees and extent, ranging from small scattered domes to areas that are completely altered. Additionally, another 14 bones have manganese deposits, in an arborescent form, scattered on the surface. Another three remains have areas with carbonate encrustation and other two present root etching. Some bones have been refitted and it seems, based on the fracture shape (transversal, mixed and jagged) that the breaks are all post-depositional. A rib fragment (label: L.28F.253.34.L9) presents copper oxidation in the form of green staining on the lateral side (Table 4.30). The most common modifications are the erosions and slight loss of bone tissue from the articular surfaces of the long bones and vertebral bodies. All the fractures of the long bones have the characteristics of dry breakage, i.e. are post-mortem. The human remains, not anatomically connected but in close proximity and with some superposition, were found between the squares 24 and 32 E, F and G in an area not exceeding 5m², where the deposit had a thickness around 25 cm (Figure 4.19). Most of the remains were found in level IIC, except for a few of them, which were found in the base of the level IIB.



Figure 4.19. Two views of the human remains (Individual 5) scattered mainly in squares 28F and 28G (spit 9) during the 1990 field season. The black lines indicate the humerus (label: L.28F.240.5.1.L9) found in the square 28F, the femur (label: L.28G.253.5.9.L9) found in square 28G and their location on the cave. The red lines indicate the separation between the 1963-1964 excavation of Barandiarán and that directed by José Luis Arribas.

Individual 6 ($6,110 \pm 35$ B.P., $6,122 \pm 38$ B.P.; Early Neolithic)

Nine human remains (eight vertebrae and a fibula; Table 4.29) were assigned to Individual 6. The vertebral remains present small erosions and slight tissue loss in the vertebral bodies: some cases are more pronounced than others, but all cases have a diagenetic origin. Two vertebrae (labels: L.10B.80bis and L.20G.227.18.L11) show partial and important carbonate precipitations respectively. One lumbar vertebra (label: L.14H.2.L6 + L.14H.3.L6) has a slight loss of tissue in the vertebral body, compatible with diagenetic erosion (Table 4.30). The fibula (label: L.10B.80) is missing the distal epiphysis and presents erosion with tissue loss in the proximal epiphysis, all due to diagenesis.

During the first period of excavations, two human remains ascribed to this individual were recovered, including the fibula dated by Arias Cabal (2012b). The rest of the bones come from the third period of excavation, including the vertebra dated in this study. Based on the depth of the two remains recovered in Aranzadi and Barandiarán's

excavation, they could be ascribed to the lower part of Level B (Azilian; Aranzadi et al., 1935). The remaining bones were recovered in squares not too far from where the other bones were found. Three of these bones come from the material gathering in the border of collapse from the first period of excavation, so that they do not have any original context. The other four remains were recovered at the base of the level IIC, where several dates were performed yielding similar results, which establish a short chronological interval for the Neolithic occupations with ceramic technology and domestic cabins (Arribas Pastor and Berganza Gochi, 2018).

Individual 7

This individual is represented by only three remains: two fragmentary humeri and a distal femoral epiphysis (Figure 4.20). The two humeral fragments are distal shaft fragments and present diagenetic fractures. The distal fracture of the L.30H.26.L5 humerus shows bite marks and tissue loss due to carnivore consumption (Figure 4.18.c). Between the two observed depressions, the one on the metaphysis has a width of 2.3 mm and a high degree of furrowing (Table 4.30). These two depressions are opposite, where one of them conserves the cortical tissue collapsed. There are some small depressions on the diaphysis, which are not measurable. The epiphysis has been lost probably due to a combination of furrowing and tissue loss because of diagenesis. No associated pitting or scoring can be observed. Both humeri present staining by manganese oxide, scattered and in an arborescent form on all the surface. The L.30J.9.L5 humerus shows some precipitation of a thin carbonate film and the loss of the distal epiphysis due to diagenesis.

Non-associated remains

There are 43 additional human remains that cannot currently be associated to any of the individuals. The non-associated remains present few modifications. The most common is biochemical erosion, which affects 52% of the non-dental remains. The erosion varies in its degree and intensity, from slight dissolution domes associated to with localised or scattered tissue loss on the surface of the remains, to large, generalized attack with major modifications to the entire surface of the bones. Six remains present black manganese oxide staining, while one shows cementation. A rib fragment (label: L.14F.126.L6) has an area of gnawing caused by rodents. Another rib fragment (label: L.20G.212.1.L10) presents carnivore bite marks on the surface (Table 4.30).

Three specimens stand out for their anatomy or their spatial origin, and could

correspond to additional individuals: an axis, a molar and a deciduous molar.



Figure 4.20. Anterior view of two humeri (label: L.30J.9.L5, left; label: L.30H.26.L5, right) assigned to the Individual 7.

The complete axis (label: L.25C.300) corresponds to a subadult individual, with an age-at-death between 13 and 16 years old, as the epiphyseal ring is not fused. This bone has not been assigned to any individual; it was recovered in the stratigraphical context of the small gallery near the main hall with a Neolithic assignation (Barandiarán, 1966).

The isolated M_3 (label: L.22G.27.L8; Figure 4.21), cannot be attributed to any of the individuals preserving the dentition. This tooth was found in Level IIB, and it could be ascribed to the Chalcolithic-Bronze Age, although its morphology and large measurements make it look archaic and more similar to older groups.

In Level IIB, a deciduous second molar (label: L.28G.139.L7; Figure 4.22) has been recovered, indicating the possibility of the presence of a living population with at

least one child using the cave.

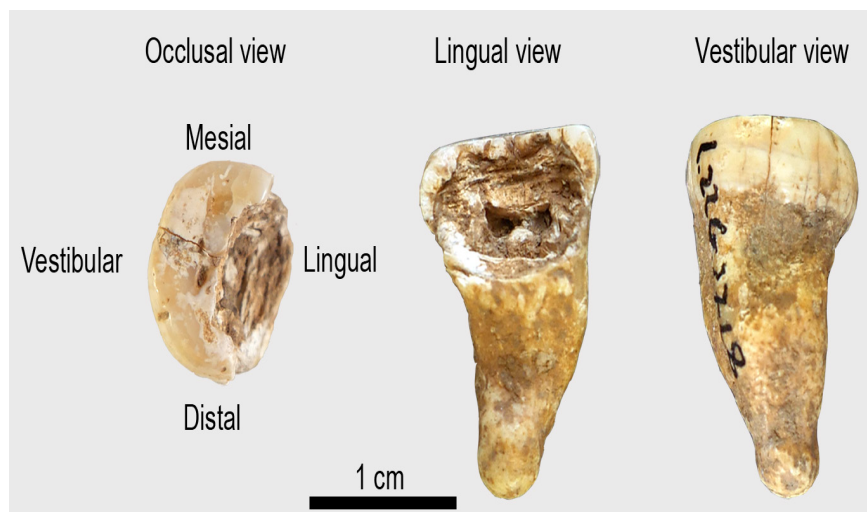


Figure 4.21. Occlusal (left), lingual (middle) and vestibular (right) views of a left M_3 (label: L.22G.27.L8), which is not associated with any specific individual.

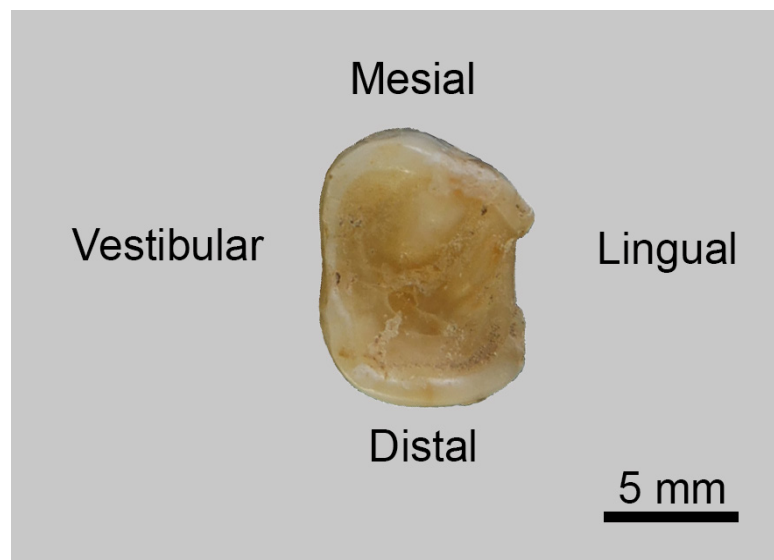


Figure 4.22. Occlusal view of a deciduous second molar (label: L.28G.139.L7), which is not associated with any specific individual.

4.5.4 El Mirador

4.5.4.1 Reliability of the *K-means* analysis for sex assessment

First, the reliability of the *K-means* analysis has been assessed for the different variables studied in the femora, tibiae and humeri. Before starting the study, the existence of sexual dimorphism in said variables was analysed using a two sample test Student's t-student for all long bone variables in the Euroamerican sample. All variables show significant differences between the means of each sex, indicating the presence of sexual

dimorphism. As the information regarding the sex of the Euroamerican samples from the Hamman-Todd collection and University of Iowa is available, it was possible to check whether the sex estimate using K-means is consistent with the actual sex (Table 4.31, 4.32 and 4.33).

The results for the humeri can be found in Table 4.31. The traditional measurements taken on humeri are detailed in Appendix B (Table S1). The female sample shows a better percentage of correct classification than the male sample, regardless the variable used, with a percentage of correct classification above 94%. In the case of the males, the distal epiphyseal width classifies sex better, which is also the case in females.

When the descriptive statistics resulting from the *K-means* analysis are compared to the original database, we find overall similarities in the distal epiphysis and the maximum length of the female individuals, and more differences in the maximum length of the male individuals.

Table 4.31. Descriptive statistics of the Euroamerican humeral sample and the descriptive statistics after the *K-means* classification.

HUMERUS	Maximum length	Distal epiphysis width
Two sample Student's t-test for sex differences (p)	0.0001	0.0001
Male (n=32)	326.62 ± 16.88 (288.5-357.1) (71.88%)	63.76 ± 3.84 (55.53-69.86) (93.75%)
K-means Male	334.28 ± 11.04 (317.2-357.1) n= 25	64.05 ± 3.54 (59.21-69.86) n= 31
Female (n=34)	300.28 ± 12.67 (276.5-332.3) (94.12%)	54.02 ± 2.9 (48.15-59.21) (97.06%)
K-means Female	300.1 ± 10.61 (276.5-315.4) n= 41	54.04 ± 2.82 (48.15-58.33) n= 35

The results for the femora can be found in Table 4.32. The traditional measurements taken on femora are detailed in Appendix B (Table S2). The female sample is better classified than male sample in the three studied variables, with a percentage of correct classification above 85%. In males, sex assessment made by femoral head diameter classifies better the sex of the individuals, with a percentage of 87.5%. The femoral head diameter provides the best results for both sexes.

When the descriptive statistics resulting from the *K-means* analysis is compared to the original database, we find overall similarities in the femoral head diameter for both sexes, but more differences in the maximum length and physiological length.

Table 4.32. Descriptive statistics of the Euroamerican femoral sample and the descriptive statistics after the *K-means* classification.

FEMUR	Maximum length	Physiological length	Femoral head diameter
Two sample Student's t-test for sex differences (p)	0.0001	0.0001	0.0001
Male (n=32)	451.69 ± 25.87 (388.00-488.00) (71.88%)	448.74 ± 25.62 (386.50-485.10) (71.88%)	48.28 ± 2.8 (44.60-54.56) (87.5%)
K-means Male	461.79 ± 14.62 (439.90-488.00) n= 28	458.54 ± 14.72 (432.90-485.10) n= 28	48.58 ± 2.64 (45.48-54.56) n= 30
Female (n=35)	418.98 ± 20.16 (380.60-466.10) (85.71%)	415.05 ± 20.42 (373.80-462.30) (85.71%)	41.93 ± 2.09 (38.27-45.76) (94.29%)
K-means Female	415.08 ± 17.11 (380.60-438.40) n= 39	411.48 ± 17.43 (373.80-434.50) n= 39	42.02 ± 2.04 (38.27-44.99) n= 37

Regarding the tibiae, three measurements were also used (Table 4.33). The traditional measurements taken on tibiae are detailed in Appendix B (Table S3). In this case, the male sample shows lower percentages of correct classification than the female sample for two of the three measurements (maximum length and total length), while the percentage of correct classification for males is higher in the maximum proximal epiphysis width measurement.

In females, on the other hand, the percentage values are the same in the three measurements. Therefore, comparing the results obtained from these measurements, the best option for sex assessment would be the maximum proximal epiphysis width, as it gives a percentage of correct classification higher than 90% for both sexes (96.88% in males and 93.75% in females).

When the descriptive statistics from the *K-means* analysis are compared to the original database, we find overall similarities in the maximum proximal epiphysis width for both sexes, and more differences in the maximum length and total length.

Table 4.33. Descriptive statistics of the Euroamerican tibial sample and the descriptive statistics after the *K-means* classification.

TIBIA	Maximum length	Total length	Maximum width of proximal epiphysis
Two sample Student's t-test for sex differences (p)	0.0001	0.0001	0.0001
Male (n=32)	374.40 ± 21.74 (316.90-412.50) (65.63%)	359.57 ± 21.47 (305.40-401.00) (59.38%)	77.47 ± 3.14 (72.21-86.14) (96.88%)
K-means Male	386.23 ± 13.59 (365.40-412.50) n= 23	373.15 ± 12.38 (355.00-401.00) n= 21	77.39 ± 3.11 (72.65-86.14) n= 33
Female (n=32)	341.42 ± 18.52 (305.10-394.30) (93.75%)	328.29 ± 18.43 (292.20-374.00) (93.75%)	67.71 ± 2.67 (61.67-73.86) (93.75%)
K-means Female	342.02 ± 15.67 (305.10-361.70) n= 41	329.66 ± 15.98 (292.20-351.40) n= 43	67.48 ± 2.40 (61.67-72.21) n= 31

In summary, the following variables were selected to assess sex for El Mirador sample, due to their higher reliability:

Humerus: width of the distal epiphysis

Femur: femoral head diameter (FHD)

Tibia: maximum width of proximal epiphysis

4.5.4.2 Sex assessment for El Mirador sample

Both complete and incomplete bones were assessed but 30 remains out of 137, mostly fragmentary, could not be assessed due to not preserving the required epiphysis for the assessment. The results for each long bone are provided in Table 4.34. The sex assessment for each long bone and each individual are detailed in Appendix B (Tables S4, S5 and S6).

In the humerus sample, 17 bones representing 10 individuals were assigned to males and 14 bones representing 9 individuals were assigned to females. Regarding the femora, 19 bones comprise a total of 10 male individuals, while 22 bones comprise 11 female individuals. For the tibiae, 15 bones represent a total of 10 male individuals, and 15 bones represent a total of 9 female individuals.

In sum, based upon the *K-means* results, both sexes are nearly equally represented in terms of minimum number of individuals in the El Mirador adult samples: there are 10 males and 11 females identified (Table 4.34), with the femur being the best represented long bone.

In summary, there are more bones assigned to male individuals in the humeri and tibiae, while more femora were assigned to females. However, it has to be taken into account that the MNE and MNI could have been affected by the actions of clandestine excavators (Vergès et al., 2002; Gómez-Sánchez et al., 2014).

Table 4.34. Sex assessment of the long bones from El Mirador sample, following the method of *K-means* cluster analysis.

Anatomical region	Measurement used	State of preservation	Male		MNI males	Female		MNI females	Total determined		Not assessed (studied variable not preserved)		
			R	L		R	L		R	L	R	L	Total
Humeri	Distal width	Complete	8	5	-	3	5	-	11	10	1	-	1
		Incomplete	2	2	-	2	4	-	4	6	8	3	11
		Total	10	7	10	5	9	9	15	16	9	3	12
Femora	Femoral head diameter	Complete	6	8	-	9	10	-	15	18	-	-	-
		Incomplete	4	1	-	2	1	-	6	2	2	5	7
		Total	10	9	10	11	11	11	21	20	2	5	7
Tibiae	Maximum width of the proximal epiphysis	Complete	9	8	-	4	8	-	13	16	2	2	4
		Incomplete	1	2	-	2	1	-	3	3	5	2	7
		Total	10	10	10	6	9	9	16	19	7	4	11
Total					10								

4.5.4.3 Stature and body mass estimation

The stature has been estimated using both femora and tibiae, and the results are presented in Table 4.35. The individual results for each long bone for stature and body mass are summarised in Appendix B (Tables S7, S8 and S9). The estimates obtained from the two bones are quite similar: in the case of males 160.5 cm with femora and 161.2 cm with tibiae, and in the case of females 152.1 cm with femora and 148.4 cm with tibiae. Thus, the results are consistent regardless of the bone chosen.

Regarding the body mass estimation, the male sample (62.0 kg) is, on average, approximately 10 kg heavier than the female sample (51.3 kg).

Table 4.35. The estimation of stature and body mass in femora and tibiae depending on the sex.

Characteristic	Element	Male ¹	Female ¹	Pooled sex
Stature	Femur ²	160.5 ± 5.2 (152.3-170) n= 14	152.1 ± 5.1 (142.6-160.3) n= 19	155.7 ± 6.6 (142.5-169.9) n= 33
	Tibia ²	161.2 ± 4.7 (154.4-168.2) n= 17	148.4 ± 5.1 (141.4-161.9) n= 12	155.7 ± 7.3 (141.9-168) n= 32
Body mass (all)	Femur	61.8 ± 3.9 (55.5-68.6) n= 19 ⁴	50.1 ± 6.5 (38.0-59.0) n= 22 ^{3,4}	56.1 ± 8.4 (38.0-69.8) n= 41 ^{3,4}
Body mass (complete femora)	Femur	62.0 ± 3.7 (56.4-67.3) n= 14 ⁴	51.3 ± 6.0 (38.9-59) n= 19 ^{3,4}	56.3 ± 7.8 (38.9-68.2) n= 33 ^{3,4}

¹Sex determination is based on the K-means made on the femoral head diameter (FHD).

²stature has calculated using formulae by Ruff et al. (2012).

³When the femoral head diameter (FHD) measures < 38 mm, the regression formula used to estimate the body mass is that published by McHenry (1992).

⁴When the femoral head diameter (FHD) measures between 38 and 47 mm, the stature estimation is the mean of the results of the formulae used is that published by Ruff et al. (1991), McHenry (1992) and Grine et al. (1995).

4.6 DISCUSSION

4.6.1 Skeletal representation

Due to the commingling of the skeletal remains of the Atxuri-I collection, a study about the skeletal representation of this collection has been performed (see also García Sagastibelza, 2017; García-Sagastibelza et al., 2020b). This study has compared this assessment with the Txotxinkoba collection. The objective was to compare two sites with different chronological ascriptions as well as different funerary treatments: Atxuri-I site has a diachronic use of the cavity with (at least) Mesolithic and Bronze Age ascriptions, while Txotxinkoba has a (relatively) synchronic use of the cavity during the Chalcolithic (see sections 3.6.1 and 3.6.2). Additionally, our collection of Lumentxa has also been considered, as the cavity presents different chronological ascriptions: it has a diachronic use of the cavity from the Early Neolithic until Bronze Age.

In Atxuri-I there is an underrepresentation of some anatomical regions like vertebrae, ribs and scapulae and the absence of hip bones, while other bones like metatarsals, metacarpals, maxillae and mandibles, among other regions, are the most represented postcranial elements (section 4.2.2.1 and Table 4.14). Compared to Lumentxa (both sites have a diachronic use), in Atxuri-I some bones such as the hyoid bones, the pubis or sacrum have not been preserved. I hypothesize that their presence in Lumentxa and their absence in Atxuri-I is related to a more modern excavation system in the former. In the case of Txotxinkoba, all the anatomical regions are also better represented than in Atxuri-I, where clavicles and ulnae are the best represented bones and the sacrum, hyoid

and distal phalanges of the foot are the worse represented bones.

Overall, in Txotxinkoba all the anatomical regions are better represented than in Atxuri-I, except for some of the metacarpals and metatarsals and femora. In the case of Txotxinkoba we propose that the burials were overall primary, as in secondary burials elements like metacarpals, metatarsals and hand and foot phalanges are less likely to persist (Duday, 2011; Knüsel, 2014; Knüsel and Robb, 2016; Mack et al., 2016).

The low preservation of long bones in Atxuri-I might indicate that these were selectively taken from the deposit during prehistoric cleaning episodes of the cave (Knüsel, 2014; Knüsel and Robb, 2016). Alternatively, only the best-preserved remains were recovered during the excavation of Atxuri-I and, given the age of the field work and biases detected in previous works by Barandiarán (1964), field methodology could account for some of the observed bias. Additionally, the human remains from this site represent inhumations from very different chronologies and thus these could be affected by multiple causes (including scavenging as observed in Lumentxa; see Section 4.5.3.7). Finally, it cannot be ruled out that some of the disturbances detected could be the result of treasure-hunters which altered the stratigraphy of the cave and took some skeletal remains.

Lastly, the percentage completeness (Table 4.36) indicates that certain bones present in both collections are more complete in Atxuri-I than in Txotxinkoba (Figure 4.23). This evidence is clearest in metacarpals and metatarsals. The fact that long bones recovered from Atxuri-I are fewer but more complete may suggest selection of more complete elements at the time of excavation.

Table 4.36. Bone representation index (BRI) and percentage of completeness of the bones of the Atxuri-I site.

Anatomical region	Side	BRI	%Completeness
Axis	-	11.11	100
Clavicle	Right	22.22	44.44
Humerus	Right	33.33	66.67
	Left	11.11	33.33
Ulna	Right	11.11	33.33
	Left	55.56	66.67
Radius	Left	22.22	50.00
1 st metacarpal	Right	33.33	100
	Left	66.67	94.44
2 nd metacarpal	Right	44.44	91.67
	Left	33.33	100
3 rd metacarpal	Right	44.44	100
	Left	11.11	100
4 th metacarpal	Right	33.33	88.89
5 th metacarpal	Right	22.22	100
	Left	11.11	66.67
Femur	Left	33.33	55.56
Tibia	Right	22.22	33.33
	Left	22.22	50
Fibula	Right	11.11	66.67
1 st metatarsal	Right	77.78	95.24
	Left	11.11	100
2 nd metatarsal	Right	22.22	83.33
3 rd metatarsal	Right	11.11	66.67
	Left	22.22	100
4 th metatarsal	Right	44.44	91.67
	Left	33.33	77.78

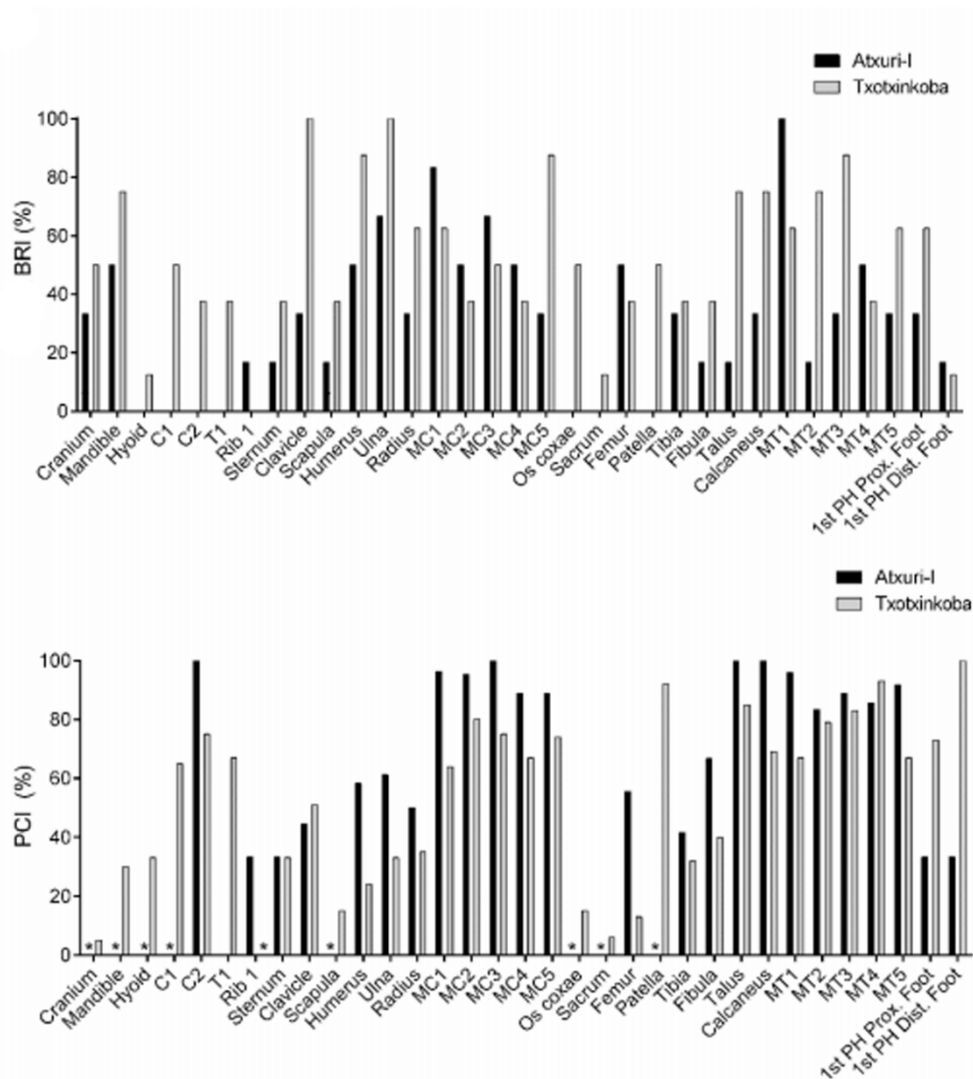


Figure 4.23. Bone representation index (BRI) and percentage completeness (%PCI) of each anatomical region of the sites of Atxuri-I and Txotxinkoba (García-Sagastibelza et al., 2020b). Black columns: Atxuri-I; Grey columns: Txotxinkoba; Black asterisk: indicates the inability to calculate the variable for a specific anatomical region, due to the lack of the bones of that region or to its high fragmentation.

4.6.2 Age-at-death and sex

Based on previous studies of the human remains found in caves in the atlantic watershed of the Western Pyrenees, individuals from all age ranges and both sexes are present (section 1.1.2.5 and section 3.5.2). Nevertheless, this representation can change depending on the chronological ascription of the sites: for example, in the Lumentxa and Atxuri-I samples, both sexes and all age ranges are present, but there are individuals with different chronological ascriptions.

As it has been observed previously, in the chronological discussion (see section 3.6.1), there are few individuals ascribed to the Mesolithic and Neolithic chronologies.

In the few sites that have one of those ascriptions, normally there is only one individual ascribed to that chronology (e.g., J3 and Aizpea for Mesolithic chronologies; Santimamiñe and Marizulo for Neolithic chronologies), therefore, currently it is not possible to ascertain whether there is a bias regarding age-at-death.

In the case of Mesolithic samples, it is known that the individual of J3 site is a male adult of 30-40 years old (Iriarte et al., 2005a; 2010), while the individual of Aizpea is a female individual of 30 years old (Barandiarán and Cava, 2001; de la Rúa et al., 2002). However, the only individual directly dated in Linatzeta corresponds to a subadult individual (Tapia Sagarna et al., 2008). In nearby regions like the western section of the Cantabrian cornice, most of the sites present also individual burials (e.g., Tito Bustillo, Mazaculos II or Colomba in Asturias; Arias Cabal, 2012b), predominantly with a male adults inhumed. However, there are some known exceptions, like El Molino de Gasparín and Los Canes sites, both located in Asturias: El Molino de Gasparín site presents a burial comprised by one female adult, while the site of Los Canes has three different burials with 5 individuals, where 1 male adult, 1 female adult and 2 subadults have been identified (Arias and Garralda, 1996; Drak and Garralda, 2009). In our Atxuri-I collection, even if there are 9 individuals, there is only 1 individual related to the Mesolithic, but only information about the age-at-death has been obtained, presumably being an adult. Even if Mesolithic burials were individual, in sites in nearby regions like Asturias the abundance of burials has allowed a more in depth study than in AWP: both sexes are present, but still is not possible to assess the presence of a possible bias in both variables due to the low number of samples available.

In Neolithic samples, the individual of Marizulo is a male adult of 25 years old (Álvarez-Fernandez and Altuna Etxabe, 2013), while the individual of Santimamiñe was also a male young adult (López Quintana et al., 2015). When nearby regions are considered, it can be observed that in sites like Chaves (Bastarás, Huesca), there is an individual burial comprised by a male adult and other three individuals not identified scattered around the cave hall (Utrilla Miranda and Laborda Lorente, 2018). Moreover, in los Cascajos site ($n = 36$; Navarre) the presence of individuals from all age ranges (6 subadults vs 27 young adults) and both sexes (63.88% males vs 11.11% females) has been determined, showing a bias: more male and adult individuals (Rojo Guerra et al., 2016).

In the case of Lumentxa, 2 out of 7 are individuals ascribed to the Early Neolithic and Neolithic (Individuals 6 and 5 respectively): these individuals are adults and Individual 5 is also male. Even if there are several male adult individuals, it is not possible to assess nor confirm the presence of any bias regarding the age-at-death and sex of the individuals in this period, as the number of samples is very scarce (e.g., López-Onaindia and Subirà,

2016; Arias and Cubas, 2018).

On the other hand, it has been commented before that there are more individuals in Chalcolithic and Bronze Age chronologies, and even sites limited to only one of these two chronologies (see section 3.6.1). In sites with exclusive Chalcolithic chronologies, there are a remarkable number of individuals (e.g., Pico Ramos and Abautz, with more than 100 individuals in each), and in the absence of bias, individuals from both sexes and all age ranges would be expected. This can be seen in both examples, as the presence of individuals from all age ranges and both sexes has been confirmed (Table 3.3; Baraybar and de la Rúa, 1995; Zapata, 1995; Utrilla et al., 2015). In sites with less individuals like Txotxinkoba ($n = 14$), Nardakoste IV ($n = 14$) and Urtao II ($n = 9 + 42$), the same situation can be observed with both sexes and all age ranges represented, relative to the small sample sizes (Table 3.3; Armendariz, 1989; Etxeberria, 1989; Armendariz et al., 1998; García-Sagastibelza et al., 2020b). In Lumentxa, only the Individual 4 is ascribed to this chronology, which is an adult between 25 and 40 years old. Nevertheless, there is not enough information to assess the presence of any bias in sex and age-at-death variables.

Then, in sites limited to the Bronze Age period, as Urratxa III ($n = 12$), Urtiaga ($n = 25$) and the majority of the individuals of Santimamiñe ($n = 9$), the situation is similar to the one observed in Chalcolithic period. In these three examples the information recovered is quite different: in Urratxa III were buried individuals from all age ranges, but there is no information about the sex assessment (Muñoz Salvatierra and Berganza, 1997; de la Rúa et al., 1997); in Urtiaga the presence of 1 subadult and several adults is confirmed, as well as the presence of only 1 male (Altuna and de la Rúa, 1989; López-Onaindia and Subirà, 2017); in Santimamiñe all age ranges are present, as well as both sexes, but more males than females have been identified (at least 6 males vs 1 female). In our collections of Atxuri-I and Lumentxa, only 1 individual in each one is ascribed to this chronology: the individual in Atxuri-I is a probably female adult, while the individual of Lumentxa is a subadult individual between 3 and 5 years old (see sections 4.5.2.3, 4.5.2.4, 4.5.3.3 and 4.5.3.7). Therefore, these two sites that are geographically and chronologically close show different data, and additional individuals from the same chronology would be necessary to assess the existence of bias in age-at-death and/or sex variables.

When megalithic structures are considered, it has to be taken into account that normally they have been used during at least 2 different periods. In the case of the structures from Gipuzkoa, there is a lack of information regarding the age-at-death in most of them. Even so, Larrarte ($n = 12$), ascribed to the Chalcolithic and Bronze Age, indicates the presence of at least 2 subadults, being expectable the presence of some adult individuals (Merino, 1991; Mujika, 2007-2009). Ondarre, being related to the Bronze

Age and Iron Age, shows the representation of all age range individuals (Fernández-Crespo et al., 2016; Mujika-Alustiza et al., 2017).

In nearby regions like Álava/Araba, it can be observed that in structures like San Martín (n = 22; Galilea, 2009; Fernández-Crespo and de la Rúa, 2015; Fernández-Eraso et al., 2016), ascribed only to the Chalcolithic, individuals from all age ranges (4 subadults vs 18 adults) and sexes are represented, where more male adults than female adults have been identified (9 males vs 4 females). In other examples like Alto de la Huesera (n = 106; Fernández-Eraso et al., 2013, 2016; Fernández-Crespo and de la Rúa, 2015) and El Sotillo megaliths (n = 13; Etxeberria, 1991; Fernández-Eraso et al., 2013), both ascribed from the Chalcolithic to the Bronze Age period, the presence of individuals from all age ranges has been determined (29 subadults vs 77 adults; 2 subadults vs 11 adults respectively). However, the sex assessment provides different results: in Alto de la Huesera individuals from both sexes have been assessed (29 males vs 27 females), while in El Sotillo only 6 of 11 individuals have been assessed as males. In these megaliths, it can be observed that adults have been more identified than subadults, but it cannot be ensured the presence of a bias in this variable. In sex variable as well, it cannot be confirmed any bias, due to the low number of individuals assessed in comparison to the total MNI.

Several studies (e.g., Fernández-Crespo and de la Rúa, 2015, 2016) have pointed out an underrepresentation of individuals under 5 years old in both cave sites and especially megaliths in the Ebro valley. This bias has also been observed in other regions like Andalusia (Díaz-Zorita, 2013). In the Atlantic Western Pyrenean sites, adults are better represented than subadults, but subadults are still present in some Chalcolithic and Bronze Age sites (e.g., Txotxinkoba, Nardakoste IV, Urtao II or Santimamiñe; see Table 3.3). This also can be observed in our collections of Atxuri-I and Lumentxa, as there are present individuals from this age range (1 subadult in Atxuri-I and 2 subadults in Lumentxa; see sections 4.5.2.3 and 4.5.3.3). Moreover, this is related to the scenario observed in central Iberia, where the presence of children increased since the Chalcolithic (Fernández-Crespo et al., 2021). Nevertheless, the lower representation of subadult individuals could also be due to the fragility of these bones, so that it is not possible to relate this underrepresentation to a selected bias.

In the case of the sex, a larger percentage of males in megaliths and of females in cave sites has been observed, perhaps as a consequence of different social status, even though the presence of females in megaliths from central Iberian increased since Chalcolithic (Fernández-Crespo and de la Rúa, 2015, 2016; Fernández-Crespo et al., 2021). In our area of study, on the contrary, there are more males identified than females, but some of the individuals have been considered as indeterminate and thus,

not all individuals of all sites have been assessed, so that the presence of a bias cannot be confirmed. In our collections of Atxuri-I and Lumentxa, both sexes are represented by 1 male and 1 female in each site, but it was not possible to assess the sex in the majority of the samples, losing relevant information. For that reason, this result could be highly influenced by the lack of palaeobiological studies in many of these sites, as the remains are not complete (e.g., Pico Ramos, Iruaxpe-I and Urtiaga) or it has not done it yet (e.g., Lacilla II and Urratxa III; see Table 3.3).

Additionally, there are exceptional cases like San Juan Ante Portam Latinam (see sections 1.1.2.5 and 3.6.3), where many of the burials are consequence of a warlike conflict. For that reason, the sepulchral use of this cavity shows a strong bias towards male adults (young adults and middle-aged adults), indicating the vulnerability of the population towards the aggressions of neighbouring populations (Fernández-Crespo et al., 2018). Therefore, it would be expected that in sites where the remains of populations due to warlike conflicts the bias is not as marked as in sites like SJAPL, as this is an exceptional case.

In summary, it can be observed that the presence of individuals from all age ranges and both sexes depend on the chronology, as there are several differences during the different periods of the Recent Prehistory. In the Mesolithic and Neolithic periods, we find isolated individuals, normally male adults, but the small number of available remains precludes the assessment of any potential bias (at least in AWP). On the other hand, in the Chalcolithic, with larger collections available, individuals from all age ranges and both sexes have been found in the cave sites, due to the collective character of the burials, with more male adults than females identified in Chalcolithic sites with smaller number of individuals. In the case of the Bronze Age, the tendency seen in Chalcolithic period regarding the age-at-death and sex can also be observed in this period. Nevertheless, there are still many sites for which we lack both palaeobiological information regarding the age-at-death and/or sex assessment (and also chronological information; see 3.5.2).

4.6.3 *El Mirador*

The work on El Mirador material was performed only with humeri, femora and tibiae, so that the results will be compared with the ones obtained with other anatomical regions of the same site. Even if the determination gives similar results within the three types of long bones, the femora is the one that establishes the MNI in 21 individuals (MNI of humeri and tibiae are 19, Table 4.34 and Table 4.37). As only long bones belonging to adults have been selected, the 21 individuals determined are adults. Nevertheless, the

clandestine excavations happened in this sector of the cavity could have altered the real MNI of this burial.

There are several studies that have also determined the MNI of El Mirador site using other anatomical regions (see section 2.1.4. and Table 4.37). The study of Lozano et al. (2017, 2021), using maxillae and mandibles determined the presence of 24 individuals, classifying 5 as subadults and 19 as adult individuals. Moreover, in Yustos et al. (2020) the MNI was determined in 28 individuals based on the number of the C1 vertebrae: 2 infant, 2 juvenile, 23 adult and 1 indeterminate individuals. Our results are consistent to the data obtained in these previous studies, taken into consideration that only a portion of the collection has been studied. At the same time, there are 30 bones that have not been used for the sex assessment, so that it is possible that there are more individuals that have not been represented in the collection.

The sex assessment in long bones has resulted in similar proportions of males and females, indicating the presence of both male and female individuals in the collection. In this case the femur is also the bone that provides the most accurate information of this collection, with the presence of 10 males and 11 females. The humeri and tibiae also indicate similar results, with the same number of males and lower number of females (Table 4.37).

Table 4.37. (MNI) and sex assessment performed in El Mirador in this study compared to previous studies.

Anatomical region	MNI			Sex assessment		Reference
	Subadult	Adult	Indeterminate	Male	Female	
Humeri	-	19	-	10	9	This study
Femora	-	21	-	10	11	
Tibiae	-	19	-	10	9	
DNA	-	At least 14	-	8	6	Mathieson et al., 2015
Maxillae and mandibles	5	19	-	11	5	Lozano et al., 2017, 2021
C ₁ vertebrae	2 infants and 2 juveniles	23	1	-	-	Yustos et al.,2020

These results can also be compared with other studies. In the study of DNA made by Mathieson et al. (2015), they determined 8 male and 6 female individuals. In Lozano et al. (2017), on the other hand, 11 males and 5 females have been identified between the adult individuals. Therefore, our results are coherent with previous studies. Additional genetic studies would help to confirm whether the sex assessment provided here is correct.

4.6.4 Stature and body mass

Information regarding stature and body mass in the Iberian Peninsula are not as common as other data as MNI or age-at-death. For that reason, in order to perform comparisons and make a more complete assessment, data of sites from France and Italy have been included. In this study, stature and body mass will be separately discussed, in order to assess better their evolution during the Recent Prehistory.

Stature

The stature data of Ruff and Garvin (2018) regarding the Recent Prehistory populations of the Iberian Peninsula is quite scarce, as there is information only about Mesolithic and Bronze Age periods. The lack of data from Neolithic and Chalcolithic periods makes more complicated to study depending on the chronology. Due to that, the overall tendency of the populations of nearby regions like France has been considered (Holt et al., 2018a).

Upper Palaeolithic male and female samples (males: 168.5 ± 9.1 cm; females: 161.1 ± 7.5 cm) have higher mean and median values than the Mesolithic samples, being males taller than females (Figure 4.24, males: 161.6 ± 6.8 cm; females: 153.9 ± 3.0 cm).

In the case of Neolithic and Copper Age, data are included within the Neolithic period, as the latter one is not considered as a period in those regions. There is not much difference in either of two sexes from Mesolithic to the current period (males: 162.2 ± 7.1 cm; females: 153.2 ± 6.1 cm). This situation has also been seen in studies of the Iberian Peninsula, indicating the lack of variation of the values (Cardoso and Gomes, 2009). On the other hand, the stature increased a bit during the Bronze Age (males: 165.3 ± 5.8 cm; females: 152.7 ± 7.3 cm), although they fall within the variation range of the previous period.

It is noteworthy the low value of both males and females in Mesolithic samples from Iberia, especially males (males: 155.8 ± 1.64 cm; females: 153.4 cm), when compared to samples from France and Italy (Figure 4.24). Even if females from both locations have similar values, the results could be partially influenced by the small number of the Iberian samples, as there is only information regarding 1 female and 8 males in Iberia (Ruff and Garvin, 2018; Table 4.38) compared to 9 females and 20 males in France and Italy (Holt et al., 2018a). In the case of the Bronze Age, males and females from Iberian Peninsula also show an increase of their values (males: 163.9 ± 1.23 cm; females: 153.7 ± 0.88 cm), being similar to the results obtained in France and Italy. This result indicate that the

sexual dimorphism did not change in the periods studied in Iberia.

When the data presented in this doctoral thesis is considered, some data obtained in several sites from Iberia has also been taken into account. It can be observed that the Individual 5 from Lumentxa (156.8 cm), ascribed to the Neolithic, has a lower value than most of the male samples from the same period, such as San Juan Ante Portam Latinam and Cerro Ortega sites (Table 4.38 and references therein) which indicates that this femur belonged to a short individual according to the standards of the Iberian Neolithic.

In El Mirador collection, ascribed to the Chalcolithic period, males had a similar stature (femora: 160.5 ± 5.2 cm; tibiae: 161.2 ± 4.7 cm) compared to contemporary Chalcolithic Iberian samples such as Abautz, Cerro de la Cabeza or Camino de las yeseras. Females also show similar stature (femora: 152.1 ± 5.1 cm; tibiae: 150.1 ± 5.1 cm), compared to other female samples from the Chalcolithic, as it can be observed in Table 4.38. It looks like neither stature nor sexual dimorphism did not change during this period, compared to the Neolithic period. Additionally, El Mirador can be compared to the few Bronze Age Galería del Sílex individuals, as this site also belongs to the Atapuerca site complex. These individuals show statures within the variation range of the El Mirador sample.

The probable female of Atxuri-I, ascribed to the Bronze Age, is closer to male stature values from Iberia samples (163.9 ± 1.23 cm) than females, possibly indicating that it belonged to a tall female individual. The same situation can be observed when compared to other Iberian sites such as Cova de Montanissell, Cerro de la Encina or Motilla del Azuer (Table 4.38). On the other hand, the stature of the individual from Abittaga, even if it has been estimated using metacarpals and metatarsals, is close to the value of Atxuri-I and females from Iberia. Furthermore, the same tendency of maintenance or small increase of the stature values can be seen when compared to Chalcolithic samples.

Ruff and Garvin (2018) found an increase of stature from the Mesolithic to the Bronze Age in the Iberian Peninsula. In fact, in this study, this tendency has been observed during all comprised periods, but not notably: the changes in the stature between periods, specially between Neolithic and Bronze Age, were not been considerably different, as the changes were small.

On the other hand, the lower values of mean stature observed in the Mesolithic samples from the Iberian Peninsula compared to France and Italy can also be observed in other periods. This is coherent with the results obtained in other studies, where populations in northern regions of Europe are taller than in southern regions (Mathieson et al., 2015; Ruff and Garvin, 2018).

Changes in stature has been regarded as a proxy for health/stress differences between population, as well as changes in diet and hygiene (Cardoso and Gomes, 2009; Ruff and Garvin, 2018; Rosentock et al., 2019 and references therein). As over time there have been changes in diet and nutrition (for example see isotopic studies in section 4.1), presumably an improvement of the conditions helped to increase the stature values. In this sense, crossing data from different proxies (e.g., stable isotope analysis, enamel hypoplasia, ancient DNA) in a diachronic fashion would help to improve our understanding of the stature trends.

Body mass

There is also a dearth of information regarding the body mass of Recent Prehistory populations of the Iberian Peninsula (Ruff and Garvin, 2018), with information only regarding Mesolithic and Bronze Age periods. For that reason, the overall tendency of population from France and Italy has been studied (Holt et al., 2018a), just as in the stature section.

The body mass shows high mean and median values during the Upper Palaeolithic, in both males and females (males: 69.8 ± 6.8 kg; females: 59.8 ± 5.8 kg). Then, the values decrease during the Mesolithic period (males: 63.3 ± 6.3 kg; females: 54.0 ± 5.7 kg), but both sexes still fall within the variation range of Upper Palaeolithic data. In the Neolithic and Copper Age periods, encompassed inside the first period, the body mass values experience a small decrease (males: 60.0 ± 8.1 kg; females: 51.1 ± 5.3 kg), although there is no variation in neither of the sexes as they are within the variation range of Mesolithic populations (Figure 4.24). Finally, Bronze Age males and females present higher values than previous period populations (males: 67.8 ± 7.8 kg; females: 55.7 ± 5.3 kg).

When this tendency is compared to the available information about Iberian Peninsula, Mesolithic males and females (males: 53.1 ± 5.01 kg; females: 47.0 kg) have lower body mass values than samples from France and Italy. As both sexes decreased similarly, sexual dimorphism maintained during this period. This is consistent with the trend seen in Ruff and Garvin (2018).

In the case of the Bronze Age, both males and females present higher values than the Mesolithic individuals (Figure 4.24; males: 62.8 ± 1.5 kg; females: 52.0 ± 1.11 kg), but still lower values than populations from France and Italy, maintaining the sexual dimorphism between them.

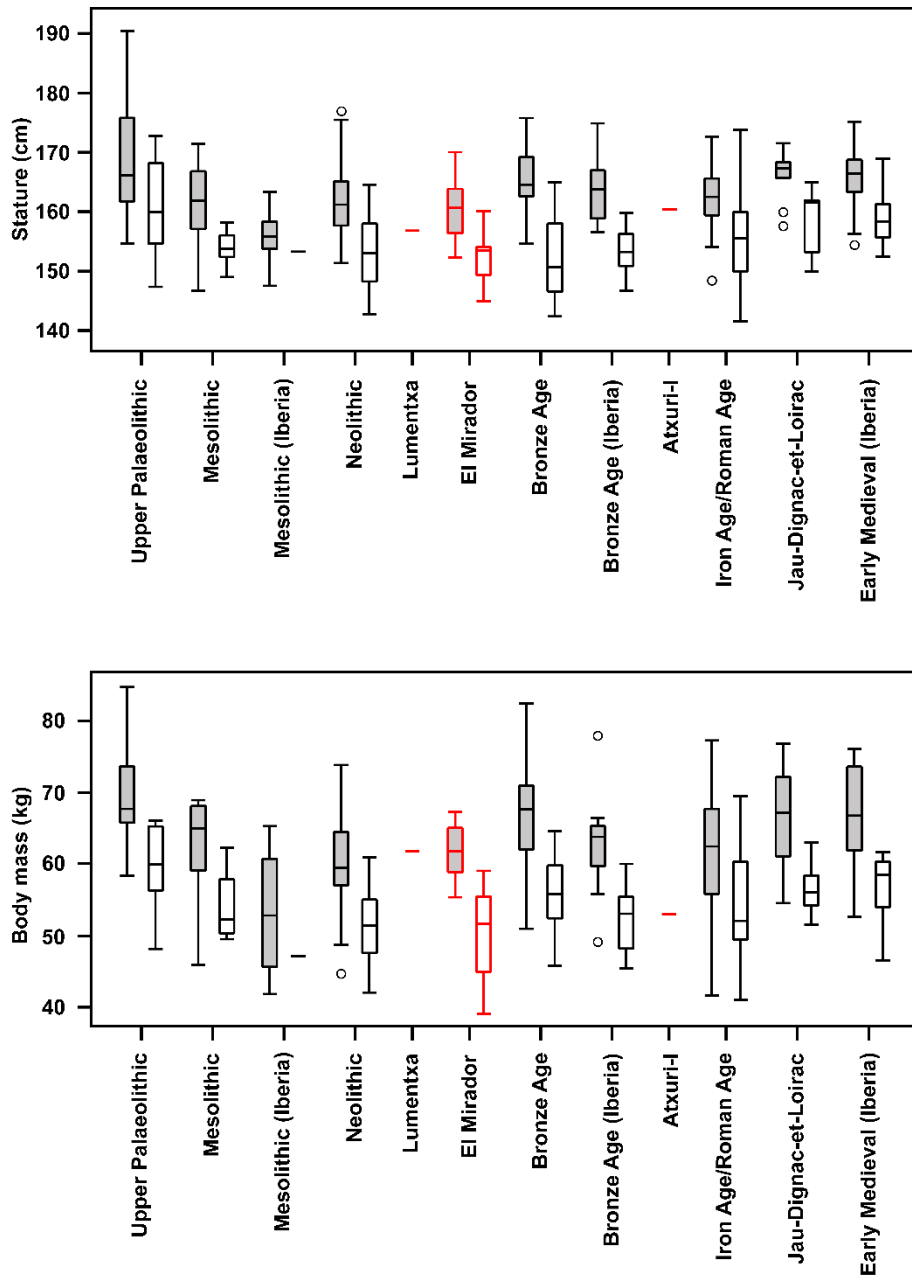


Figure 4.24. Stature and body mass estimations of Lumentxa, El Mirador and Atxuri-I (marked in red) and some comparative samples from the Recent Prehistory in Iberian Peninsula, France and Italy (Holt et al., 2018a; Ruff and Garvin, 2018). Grey boxes: male samples; white boxes: female samples.

When our data is considered, the Individual 5 of Lumentxa (61.7 kg) has a higher value than males from San Juan Ante Portam Latinam (Table 4.38), which could be smaller due to the low number of individuals available, and a similar value than Neolithic males from France and Italy. This could indicate that this individual was heavier than could be expected for this period. It is not possible to observe the sexual dimorphism, due to the lack of female samples and the few male samples. Ruff and Garvin (2018) have stated the increase of the body mass, in parallel with stature, from the Mesolithic to the Bronze Age periods, but in this period it is not possible to assess this.

For the Chalcolithic period, the El Mirador sample is the only representation in this study: the males have similar values than the individual from Lumentxa (61.8 ± 3.9 kg), while females have a higher value than Mesolithic females from Iberia and similar to Neolithic females from France and Italy (50.1 ± 6.5 kg). This can suggest an increase of the body mass on this period, but more data is necessary to verify this hypothesis. Lastly, the probable female from Atxuri-I (53.1 kg), ascribed to the Bronze Age, has a similar body mass value than females from El Mirador and Motilla del Azuer (Table 4.38), as well as Bronze Age females from Iberia and France and Italy: this indicates the small increase of this variable during this period in females.

Overall, the body mass values increased after the Mesolithic until the Bronze Age, and then until the Medieval Age, even if in Roman Age the trend is not clear (Cardoso and Gomes, 2009; Ruff and Garvin, 2018). Nevertheless, this increase was small from the Neolithic to the Bronze Age and it is not possible to observe significant differences between periods.

Table 4.38. Stature and body mass estimations of the collections and some comparative samples from the Recent Prehistory in Iberian Peninsula, France and Italy.

Site	Location	Chronology	Reference	Sex (n)	Estimated stature ^a	Used bone	Formula	Sex (n)	Body mass (kg)	Formula
Different sites	France and Italy	Upper Palaeolithic	Holt et al., 2018a	Male (n=18)	168.5 ± 9.1	Femur or Tibia or combined	Ruff et al., 2012	Male (n=18)	69.8 ± 6.8	Ruff et al., 2005, 2012
				Female (n=14)	161.1 ± 7.5	Femur or Tibia or combined		Female (n=12)	59.8 ± 5.8	
Different sites	France and Italy	Mesolithic	Holt et al., 2018a	Male (n=20)	161.6 ± 6.8	Femur or Tibia or combined	Ruff et al., 2012	Male (n=14)	63.3 ± 6.3	Ruff et al., 2005, 2012
				Female (n=9)	153.9 ± 3.0	Femur or Tibia or combined		Female (n=4)	54.0 ± 5.7	
Different sites	Iberia	Mesolithic	Ruff and Garvin, 2018	Male (n=8)	155.8 ± 1.6	Femur or Tibia or combined	Ruff et al., 2012	Male (n=4)	53.1 ± 5.0	Ruff et al., 2005, 2012
				Female (n=1)	153.4	Femur or Tibia or combined		Female (n=1)	47.0	
Different sites	France and Italy	Neolithic	Holt et al., 2018a	Male (n=20)	162.2 ± 7.1	Femur or Tibia or combined	Ruff et al., 2012	Male (n=17)	60.0 ± 8.1	Ruff et al., 2005, 2012
				Female (n=23)	153.2 ± 6.1	Femur or Tibia or combined		Female (n=22)	51.1 ± 5.3	
Caño Bajo	Córdoba	Neolithic	Valdeia Pérez, 2013	Indeterminate (n=1)	158.2	Femur	Ruff et al., 2012	-	-	-
				Female (n=1)	165.0	-		-	-	
Cerro Ortega	Ciudad Real	Neolithic	Feucht et al., 1999	Male (n=1)	167.0	Tibia	Ruff et al., 2012	-	-	-
				Female (n=1)	149.0	Femur		-	-	
Lumentxa	Bizkaia	Neolithic	García-Sagastibelza et al., 2020a	Male (n=1)	156.8	Femur	Ruff et al., 2012	Male (n=1)	61.7	Auerbach and Ruff, 2004; Trnkauskas and Ruff, 2012; Sparacello et al., 2018

Site	Location	Chronology	Reference	Sex (n)	Estimated stature ^a	Used bone	Formula	Sex (n)	Body mass (kg)	Formula
San Juan Ante Portam Latinam	Araba	Neolithic	Vegas Aramburu, 2007; this study	Male (n=20)	163.7 ± 6.2	Femur	Ruff et al., 2012	Male (n=3)	46.0 ± 5.1	Auerbach and Ruff, 2004; Trinkaus and Ruff, 2012; Sparacello et al., 2018
Segudet	Ordino	Neolithic	Yáñez et al., 2002	Female? (n=1)	146.0	-	Pearson (Olivier, 1960)	-	-	-
Abautz	Navarra	Chalcolithic	Utrilla et al., 2007, 2013-2014	Male (n=4)	164.0 ± 4.6	-	Trotter and Gleser, 1958	-	-	-
				Female (n=2)	154.5 ± 3.5	-		-	-	-
Camino de las yeseras	Madrid	Chalcolithic	Aliaga Almela, 2012	Males (n=2)	157.3 ± 1.3	-	-	-	-	-
				Females (n=3)	154.5 ± 6.9	-	-	-	-	-
Camino del Molino	Murcia	Chalcolithic	Haber Uriarte et al., 2011	Males	158.0	-	Pearson (Olivier, 1960)	-	-	-
				Females	149.0	-		-	-	-
Cerro de la Cabeza	Ávila	Chalcolithic	Fabian García and Blanco González, 2012; Alonso Sambade, 2013-2014	Males (n=4)	162.5 ± 3.5	-	-	-	-	-
				Female (n=1)	147.0	-	-	-	-	-
El Perdido	Madrid	Chalcolithic	Somleiva-Jimenez et al., 2012; Serio Tejero et al., 2018	Males	152.1 ± 20.6	-	Pearson (Olivier, 1960)	-	-	-
				Females	145.2 ± 5.2	-		-	-	-
				Males	164.1 ± 8.8	-	Trotter and Gleser, 1952	-	-	-
				Females	151.2 ± 11.5	-		-	-	-
				Males	154.5	-	Mendonça, 2000	-	-	-
				Females	147.7	-		-	-	-
Humanejos	Madrid	Chalcolithic	Aliaga Almela, 2012	Males (n=2)	162.0 ± 2.8	-	-	-	-	-
				Female (n=1)	155.0	-	-	-	-	-
Cueva de Juan Barbero	Madrid	Chalcolithic	Aliaga Almela, 2012	Male (n=1)	165.5	-	-	-	-	-

Site	Location	Chronology	Reference	Sex (n)	Estimated stature ^a	Used bone	Formula	Sex (n)	Body mass (kg)	Formula
Magdalena I	Madrid	Chalcolithic	Cabrera-Jimenez et al., 2012	Male (n=1)	159.0	Tibia	Steele, 1970	-	-	-
El Mirador	Burgos	Chalcolithic	This study	Male (n=12)	160.5 ± 5.2	Femur	Ruff et al., 2012	Male (n=19)	61.8 ± 3.9	Auerbach and Ruff, 2004, 2006; Trinkaus and Ruff, 2012; Sparacello et al., 2018
				Male (n=17)	161.2 ± 4.7	Tibia		-	-	
				Female (n=19)	152.1 ± 5.1	Femur		Female (n=22)	50.1 ± 6.5	Auerbach and Ruff, 2004, 2006; Trinkaus and Ruff, 2012; Sparacello et al., 2018
Txotxinkoba	Bizkaia	Chalcolithic	García-Sagastibelza et al., 2020b	Female (n=12)	150.1 ± 5.1	Tibia	Pablos et al., 2013	-	-	-
				Male (n=4)	168.9 ± 1.0	Mt2		-	-	
				Female (n=4)	161.9 ± 1.3	Mt1		-	-	
Abittaga	Bizkaia	Bronze Age	Ríos-Garaizar et al., 2020	Female (n=1)	152.4 ± 3.8	Mt2	Pablos et al., 2013	-	-	-
				Female? (n=1)	157.2	Mt1 and Mt4		-	-	
Atxuri-I	Bizkaia	Bronze Age	García-Sagastibelza et al., 2020b	Female (n=1)	160.4	Femur	Ruff et al., 2012	Female (n=1)	53.1	Ruff et al., 1991; McHenry, 1992; Grine et al., 1995
				Male (n=1)	157.0	-		-	-	
Caserio de Perales	Madrid	Bronze Age	Alíaga Almela, 2012	Female (n=2)	159.3 ± 6.0	-	-	-	-	-
				Female (n=1)	157.0	-	-	-	-	

Site	Location	Chronology	Reference	Sex (n)	Estimated stature ^a	Used bone	Formula	Sex (n)	Body mass (kg)	Formula
Cova de Montanissell	Lleida	Bronze Age	Armentano et al., 2014	Male (n=1)	160.0	-	Pearson, 1898; Trotter and Gleser, 1952	-	-	-
				Females (n=2)	150.5 ± 4.9	-	-	-	-	
Cerro de la Encina	Granada	Bronze Age	Jimenez Brobeil and Sanchez, 1989-90	Males (n=3)	163.1 ± 1.7	Femur	Ruff et al., 2012	-	-	-
				Males (n=3)	160.8 ± 2.6	Tibia		-	-	-
				Females (n=3)	155.7 ± 6.1	Femur		-	-	-
				Females (n=3)	155.8 ± 8.4	Tibia		-	-	-
Different sites	France and Italy	Bronze Age	Holt et al., 2018a	Male (n=17)	165.3 ± 5.8	Femur or Tibia or combined	Ruff et al., 2012	Male (n=17)	67.8 ± 7.8	Ruff et al., 2005, 2012
				Female (n=16)	152.7 ± 7.3	Femur or Tibia or combined		Female (n=16)	55.7 ± 5.3	
Different sites	Iberia	Bronze Age	Ruff and Garvin, 2018	Male (n=17)	163.9 ± 1.2	Femur or tibia or combined	Ruff et al., 2012	Male (n=16)	62.8 ± 1.5	Ruff et al., 2005, 2012
				Female (n=16)	153.7 ± 0.9	Femur or tibia or combined		Female (n=16)	52.0 ± 1.1	
Galería del Silix	Burgos	Bronze Age	Galera Olmo, 1987	Male? (n=1)	163.1	Tibia	Ruff et al., 2012	-	-	-
				Females (n=2)	155.2 ± 0.4	Tibia		-	-	
La Loma del Lomo	Guadalajara	Bronze Age	Aliaga Almela, 2012	Males (n=4)	164.3 ± 10.9	-	-	-	-	-
				Female (n=4)	155.9 ± 3.9	-		-	-	
Los Berrocales	Madrid	Bronze Age	Aliaga Almela, 2012	Males (n=4)	166.1 ± 6.0	-	-	-	-	-
				Females (n=2)	157.0 ± 6.2	-		-	-	
Motilla del Azuer	Ciudad Real	Bronze Age	Martín-Flores, 2010	Males (n=17)	166.0	-	Pearson, 1898; Trotter and Gleser, 1952; Mendonça, 2000	Males (n=17)	68.0	Grine et al., 1995
				Females (n=3)	150.0	-		Females (n=3)	52.0	

Site	Location	Chronology	Reference	Sex (n)	Estimated stature ^a	Used bone	Formula	Sex (n)	Body mass (kg)	Formula
Soto del Henares	Madrid	Bronze Age	Aliaga Almela, 2012	Male (n=1)	162.5	-	-	-	-	-
Different sites	France and Italy	Iron Age/Roman Age	Holt et al., 2018a	Male (n=28)	162.1 ± 5.3	Femur or Tibia or combined	Ruff et al., 2012	Male (n=24)	61.2 ± 9.6	Ruff et al., 2005, 2012
				Female (n=32)	155.3 ± 7.8	Femur or Tibia or combined		Female (n=29)	54.5 ± 7.4	
Jau-Dignac-et-Loira	France	Early Medieval	This study	Male (n=9)	165.9 ± 4.4	Femur	Ruff et al., 2012	Male (n=9)	66.9 ± 7.7	Ruff et al., 1991; McHenry, 1992; Grine et al., 1995
				Female (n=9)	158.8 ± 5.3	Femur		Female (n=9)	56.7 ± 4.0	
Different sites	Iberia	Early Medieval	Ruff and Garvin, 2018	Male (n=20)	165.9 ± 1.2	Femur or Tibia or combined	Ruff et al., 2012	Male (n=21)	66.7 ± 1.5	Ruff et al., 2005, 2012
				Female (n=19)	158.7 ± 1.0	Femur or Tibia or combined		Female (n=19)	57.1 ± 0.9	

^a Mean ± SD (France and Italy, El Mirador and remaining comparative samples); Mean ± SE (Iberia)

4.7. CONCLUSIONS

In this chapter, the palaeobiological study of four sites has been conducted: the complete anthropological analysis of three sites from Biscay (Abittaga, Atxuri-I, and Lumentxa) and the sex assessment and the stature and body mass estimations of selected long bones of adult individuals of El Mirador (Sierra de Atapuerca, Burgos). The conclusions of this work have been divided by site:

- In Abittaga, the human remains represent a single individual with an age-at-death estimation of at least 29 years old, probably female and a stature estimation of around 155 cm using both the metacarpals and the metatarsals.
- In Atxuri-I, the human remain collection represents a minimum of nine individuals, comprising 3 subadults (of 3-4 years old, 6-8 years old and 13-16 years old) and 6 adults (1 individual between 18 and 24 years old, a second one between 20 and 30 years old, a third one between 21 and 35 years old, a fourth one between 40 and 50 years old and two older than 35 years old). Based on the assessment of the size of humeri and femora, the presence of 1 male, 1 female and a probable additional female is suggested, while the *K-means* assessment using the 1st and 2nd metatarsals suggest the presence of 2 males and 4 females. The femur of a probable female individual, directly dated as belonging to the Bronze Age, belonged to an individual of 160.4 cm and 53.1 kg. For females, a stature estimation of 151.8 cm (based on the 2nd metatarsal) and between 158.8 and 163.0 cm (based on the 1st metatarsal) have been gained. For males estimations ranging between 175.3 and 176.6 cm have been obtained using the 1st metatarsal.
- In Lumentxa, the human remain collection represents a minimum of seven individuals comprising in 2 subadults, 1 child-adolescent, 1 young adult and 3 adults, being 1 of the subadults currently lost and not stored at Arkeologi Museoa (Bilbao, Biscay). The 2 subadults (named as Individuals 1 and 2) have an estimated age-at-death between 3 and 5 years old, the child or adolescent individual (Individual 7) has an age-at-death between 8 and 16 years old, the young adult (Individual 3) has an estimated age-at-death between 18 and 21 years old and two of the adults (named as Individual 4 and 5) between 25 and 40 years old and 35 and 50 years old. Individual 4 has been assessed as probable female and Individual 5 as male, with an estimated stature and body mass of 156.8 cm and 61.7 kg.
- In El Mirador, a minimum of 21 individuals has been determined based on the collection of adult humeri, femora and tibiae which is consistent with previous estimations using the whole collection. Due to the commingling of the skeletons,

a sex assessment using *K-means* has been performed, determining 10 males and 11 females. The stature based on the femora has yielded a mean value of 160.5 cm for males and 152.1 cm for females, while based on tibiae the results are 161.2 cm and 148.4 cm respectively. The body mass, estimated using the femoral head diameter, has a result of 62.0 kg in males and 51.3 kg in females in only complete femora, while a result of 61.8 kg in males and 50.8 kg in females using the total number of femora.

It has been observed that individuals from all age ranges and both sexes are present in cave sites from Atlantic Western Pyrenean area, but there is a small predominance of male adult individuals. Subadult individuals are not present in Mesolithic and Neolithic periods, which could be a sampling bias due to the small number of recovered individuals, but they are present during Chalcolithic and Bronze Age.

Finally, in general, it is possible to observe that the samples analysed here are consistent with the patterns of body mass and stature provided by previous works. In any case, there is still a dearth of information for general body size of the prehistoric inhabitants of the Atlantic Western Pyrenean area, which sums to the lack of certitude about the chronology of many sites with human remains.



CAPÍTULO 5

El estudio de las propiedades geométricas en secciones de los huesos largos de yacimientos de la Prehistoria Reciente del norte de la península ibérica

ÍNDICE

5.1- INTRODUCCIÓN.....	187
5.1.1-La biomecánica.....	187
5.1.2-Cargas mecánicas sobre el hueso.....	189
5.1.3-Usos de las propiedades geométricas de la sección transversal (PGST).....	190
5.1.4-Metodologías utilizadas para la obtención de PGST.....	193
5.1.5-Estudio de las propiedades geométricas de la sección transversal (PGST) en poblaciones recientes y antiguas.....	194
5.2-OBJETIVOS.....	202
5.3-MATERIALES.....	202
5.4-METODOLOGIA.....	203
5.4.1-Adquisición de los datos.....	203
5.4.2-Obtención de propiedades geométricas de las secciones transversales (PGST).....	205
5.4.3-Diferencias y similitudes entre ambas metodologías.....	207
5.4.4-Estandarización de las propiedades geométricas de la sección transversal (PGST).....	209
5.4.5-Estudio de la asimetría en las extremidades superiores.....	212
5.5-RESULTS.....	214
5.5.1-Lumentxa.....	214
5.5.2-Atxuri-I.....	218
5.5.3-El Mirador.....	221
5.5.4-Synthesis.....	255
5.6-DISCUSSION.....	257
5.6.1-Lumentxa.....	257
5.6.2-Atxuri-I.....	258
5.6.3-El Mirador.....	260
5.7-CONCLUSIONS.....	264

5.1-INTRODUCCIÓN

5.1.1 La biomecánica

La biomecánica se define como la aplicación de los principios mecánicos a los sistemas biológicos, siendo una disciplina que se divide en muchas ramas (p. ej., medicina deportiva, zoología o ingeniería biomecánica entre otros; Weineck, 2004; Knudson, 2007; Hall, 2012). En concreto, en esta tesis doctoral se hará un estudio de las propiedades geométricas de secciones concretas de determinados huesos largos de poblaciones humanas de la Prehistoria Reciente (ver p. ej., Ruff, 2008; Rodríguez, 2013). El hueso es capaz de adaptarse a las condiciones biomecánicas *in vivo* a lo largo de la vida (adaptación funcional ósea). Esta capacidad se puede observar en los cambios que experimentan los huesos en función de los esfuerzos a los que son sometidos (Lanyon et al., 1982; Ruff et al., 1999; Ruff et al., 2006a; Sparacello y Pearson, 2010, entre otros). Esto es debido a que los huesos son tejido vivo que reaccionan a las condiciones del ambiente a las que están sujetos (p. ej., edad del individuo, dieta, grado de movilidad, tipo de actividad, genética entre otros). Por ello, los principios mecánicos pueden explicar las variaciones esqueléticas que pueden observarse en poblaciones tanto pasadas como presentes, y de esta forma intentar reconstruir su comportamiento (Auerbach y Ruff, 2004; Ruff et al., 2006a y sus referencias; Davies y Stock, 2014; Carlson y Marchi, 2018).

La ley de Wolff (nombrada así por el anatomista y cirujano alemán Julius Wolff; Wolff, 1982) explica el comportamiento del hueso ante la influencia o ausencia de una carga mecánica desde un punto de vista mecánico (Pearson y Lieberman, 2004; Ruff et al., 2006a; Hall, 2012). Ésta se basa en la deformación mecánica: la estructura, la morfología y la densidad del hueso son producto del tipo de carga que experimentan, de forma que el hueso se vea remodelado por su acción para mantener las presiones dentro de los límites normales (Lieberman et al., 2001; Ruff, 2008; Sparacello et al., 2017).

Hoy en día, esta ley no es utilizada por los investigadores (Bertram y Swartz, 1991; Lieberman et al., 2001; Lovejoy et al., 2002 entre otros). Por un lado, esta ley utilizaba únicamente el hueso trabecular de la epífisis proximal del fémur, sin tener en cuenta el hueso cortical (Martin et al., 1998; Pearson y Lieberman, 2004; Ruff et al., 2006a). Por otro lado, no tuvo en cuenta factores relevantes como la edad, la dieta, las hormonas, la presencia de enfermedades o la genética, que pueden afectar de forma relevante a los individuos (Ruff, 2008; Sparacello y Marchi, 2008). Por tanto, el nivel óptimo de estrés puede verse afectado por la presencia de uno o varios de estos factores que esta ley no tuvo en cuenta.

La teoría de la adaptación funcional ósea se basa en el intento del hueso de volver a su nivel original de presión (Pearson y Lieberman, 2004; Ruff et al., 2006a; Ruff, 2008; Sparacello et al., 2017). Si una carga repetitiva actúa en la misma zona, y por tanto, aumenta la presión sobre el hueso, éste se adaptará por medio de la adición ósea en la sección transversal de la diáfisis: esto conlleva un aumento de la superficie, y por tanto una disminución de la presión al nivel original, quedando el hueso reforzado (Figura 5.1). Cuando se da la situación opuesta y la presión ejercida disminuye (por ejemplo, inactividad o parálisis), se lleva a cabo una pérdida (resorción ósea), volviendo las cargas a su nivel original que genera debilidad del hueso (por ejemplo, Lovejoy et al., 1976; Ruff et al., 2006a; Sparacello y Pearson, 2010; Miller et al., 2018).

Los huesos largos son útiles para el estudio biomecánico (Ver Apéndice C para más información sobre los huesos largos) debido a que este tipo de hueso destaca por tener un desarrollo plástico (capacidad de adaptación mediante la adición y/o redistribución de tejido), así como por la capacidad de la diáfisis de cambiar su morfología como respuesta a cargas mecánicas durante la vida (Trinkaus et al., 1994; Ruff et al., 1999, May y Ruff, 2016), que conlleva a una menor exposición de factores genéticos y de desarrollo (Sládek et al., 2018 y sus referencias). Esta capacidad de adaptación queda reflejada en el tamaño y en la forma del hueso, la cual puede asemejarse y modelarse como una viga, aplicando los principios de la teoría de la viga basado en la ingeniería (Huiskes, 1982; Ruff y Hayes, 1983; Stock, 2002; Carlson y Marchi, 2018).

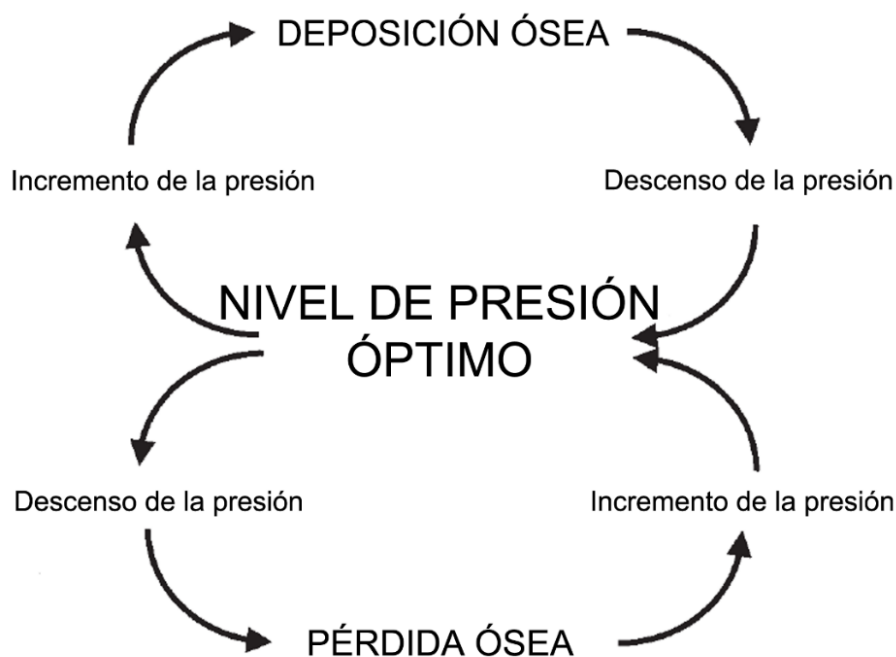


Figura 5.1. Ejemplo de modelo estudiado en la teoría de adaptación funcional ósea (modificado de Ruff et al., 2006a).

5.1.2 Cargas mecánicas sobre el hueso

El hueso responde a las cargas mecánicas que experimenta a lo largo de la vida del individuo. Estas cargas están relacionadas con la aparición de estrés y presiones/ fuerzas sobre los huesos, conceptos que suelen ser ocasionalmente confundidos entre sí. La presión, mencionada en la teoría de la adaptación funcional ósea, hace referencia al cambio que ocurre en el hueso cuando la carga actúa sobre él. El estrés, en cambio, se refiere a la resistencia intermolecular del hueso a la acción de la carga sobre él (Gaynor Evans, 1953).

Las cargas mecánicas pueden ser variables en función de cómo afecten al hueso, por lo que a continuación se van a enumerar los distintos tipos de cargas que pueden darse. Se han clasificado cinco tipos de cargas: compresión axial, tensión, combadura o flexión, torsión y cizalla (Figura 5.2; Gaynor Evans, 1953; Knudson, 2007; Ruff, 2008):

- La compresión axial sucede cuando las fuerzas o las cargas se aplican en los extremos del hueso en sentido contrario y en la misma dirección del eje longitudinal. Esto conlleva a un acortamiento del hueso, siendo contrario a lo que sucede en la tensión.
- La tensión, por tanto, consiste en el alargamiento del hueso por parte de las cargas mecánicas. Por ello, las cargas se aplican igual que en la compresión axial, salvo que en sentido opuesto.
- La cizalla consiste en aplicar dos fuerzas en sentidos contrarios y dirección perpendicular en los laterales del hueso
- La combadura o flexión se aplica sobre diferentes ejes en los extremos del hueso, generando una curvatura. En un lateral se va a producir una compresión, mientras que en la otra se genera una tensión.
- La torsión, al igual que la combadura, es producto de la aplicación de dos cargas diferentes en la misma dirección y sentido opuesto en los extremos del hueso.

Normalmente, el hueso suele experimentar una combinación de cargas (Pearson y Lieberman, 2004).

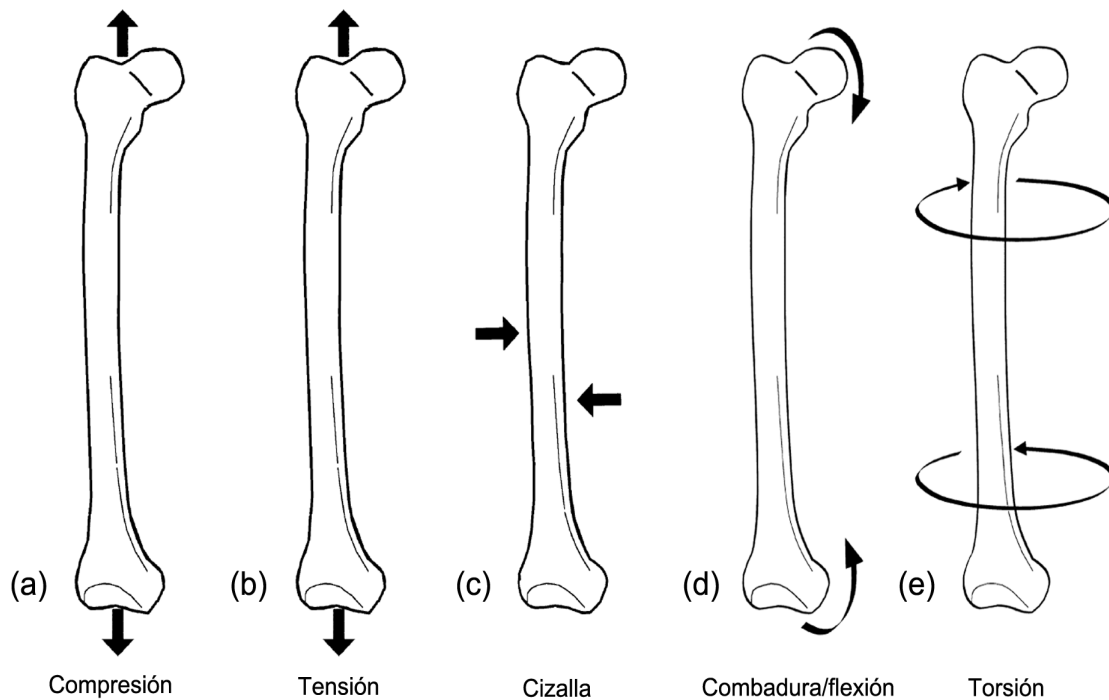


Figura 5.2. Tipos de cargas mecánicas que puede experimentar un hueso (modificado de Knudson, 2007).

5.1.3 Uso de las propiedades geométricas de la sección transversal (PGST)

La estimación de la respuesta del hueso a cargas mecánicas se realiza mediante las propiedades geométricas de la sección transversal (PGST), que sirven para cuantificar de manera más sencilla la carga mecánica que experimenta el hueso de estudio (Ruff et al., 1993; Holt, 2003; Shackelford, 2007; Macintosh et al., 2013). Estos parámetros van a permitir cuantificar sus cambios potenciales (incluyendo asimetrías entre huesos pares) entre sexos, grupos sociales, cronologías, que implican cambios en la intensidad y tipo de actividad física, y, en combinación con las evidencias arqueológicas, interpretar los diferentes comportamientos y modos de vida de las poblaciones del pasado (Stock y Pfeiffer, 2001; Davies et al., 2012; Stock et al., 2013).

Las PGST pueden dividirse en tres grupos, en función del tipo de carga a la que hace referencia: mecánica, rigidez y fuerza. Las definiciones detalladas, así como la relevancia biomecánica de estos parámetros pueden verse en la Figura 5.3 y la Tabla 5.1, aunque únicamente se explicarán más detalladamente aquellos parámetros que se van a usar en esta Tesis Doctoral.

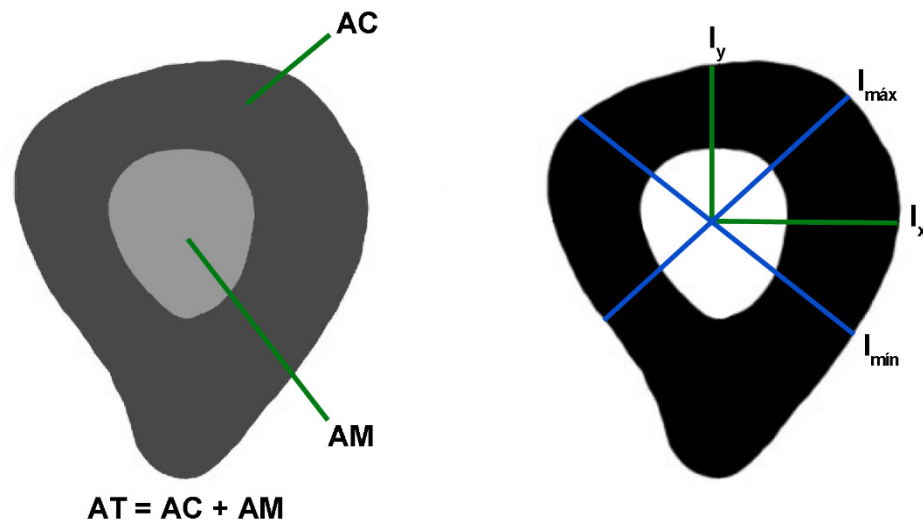


Figura 5.3. Corte de la sección transversal de un fémur (extraída de Stock y Shaw, 2007) donde se representan una selección de las propiedades geométricas más relevantes. a) representación de las variables mecánicas: área medular (AM), área cortical (AC) y área total (AT), b) representación de las variables de rigidez: I_x e I_y (segundo momento de área en función de los ejes), $I_{máx}$ e $I_{mín}$ (segundo momento de área máximo y mínimo).

En primer lugar, cabe mencionar los parámetros relacionados con el área, tales como el área total (AT), área cortical (AC) o el porcentaje del área cortical (AC%). Estas variables no son propiedades geométricas en sí, pero son consideradas como propiedades morfológicas que pueden indicar la robustez del hueso ante una carga (Ruff, 2008). El área cortical en concreto sirve para estimar la rigidez de la sección transversal ante la compresión axial y tensión (Ruff et al., 1993; Trinkaus et al., 1994; Sládek et al., 2006, 2007). El área total, a su vez, mide la extensión del periostio y sirve para estimar la robustez del hueso (Nikita et al., 2011; Miller et al., 2018). La combinación del área total y el área cortical, a su vez, reflejan la deposición subperiosteal diferencial y resorción endosteal. Por tanto, el porcentaje del área cortical, siendo calculado con esas dos variables, es una medida del desarrollo diferencial y del proceso de envejecimiento, así como del refuerzo estructural de la diáfisis (Trinkaus y Ruff, 2012).

En segundo lugar, el segundo momento de área o inercia (I), que se estudia en diferentes ejes, hacen referencia a la resistencia que puede presentar el hueso ante la combadura o flexión (Trinkaus et al., 1994; Sládek et al., 2006, 2007; Nikita et al., 2011). La especificación de esta variable en x (I_x) e y (I_y) indica esa resistencia con respecto al eje antero-posterior (A-P) y medio-lateral (M-L) respectivamente, máx ($I_{máx}$) y mín ($I_{mín}$) indican respectivamente el estado máximo y mínimo de esa carga en la sección (Marchi et al., 2006; Stock, 2006; Trinkaus y Ruff, 2012; Sparacello et al., 2018).

Tabla 5.1. Propiedades geométricas de la sección transversal (PGST) e índices de forma cuantificados en los huesos largos.

Parámetro	Acrónimo (en castellano)	Acrónimo (en inglés)	Fórmula	Unidad	Definición y/o relevancia biomecánica ^a
Área subperiosteal total	AT	TA	-	mm ²	Área dentro de la superficie subperiosteal o exterior, que proporciona una medida de resistencia a la compresión
Área subperiosteal cortical	AC	CA	-	mm ²	Área del hueso cortical: proporciona una medida de resistencia a las fuerzas de compresión y tensión
Área cortical relativa o Porcentaje del área cortical	AC%	%CA	(CA/TA) *100	-	Grosor cortical relativo
Área medular	AM	MA		mm ²	Área de la cavidad medular
Momento polar de inercia	J		$I_{\max} + I_{\min}$	mm ⁴	Sumatorio de dos segundos momentos de área perpendiculares: es una estimación de la rigidez de torsión y el doble de combadura
Segundo momento de área máximo	I_{\max}		-	mm ⁴	Rigidez de combadura máxima
Segundo momento de área mínimo	I_{\min}		-	mm ⁴	Rigidez de combadura mínima
Segundo momento de área sobre el eje M-L (x)	I_x		-	mm ⁴	Proporcional a la rigidez de combadura sobre el plano A-P
Segundo momento de área sobre el eje A-P (y)	I_y		-	mm ⁴	Proporcional a la rigidez de combadura sobre el plano M-L
Índice de forma	I_{\max}/I_{\min}		I_{\max}/I_{\min}	-	Distribución relativa del hueso sobre los ejes máximos y mínimos de una sección transversal
Índice de forma	I_x/I_y		I_x/I_y	-	Distribución relativa del hueso sobre los ejes x e y de una sección transversal
Sección modular sobre el eje M-L (x)	Z_x		-	mm ³	Proporcional a la fuerza de combadura sobre el eje x (A-P)
Sección modular sobre el eje A-P (y)	Z_y		-	mm ³	Proporcional a la fuerza de combadura sobre el eje y (M-L)
Sección polar modular	Z_p		-	mm ³	Estimación de la fuerza de torsión y el doble de combadura

^a Ruff y Hayes, 1983; Ruff et al., 1993, 1994; Marchi et al., 2006; Ruff, 2008; Cameron y Pfeiffer, 2014; Miller et al., 2018; Rodríguez et al., 2018.

A-P = antero-posterior; M-L = medio-lateral.

La relación entre I_x e I_y , al igual que I_{\max} e I_{\min} , en forma de índice indican la circularidad del hueso, ya que muestran la distribución del hueso cortical entre dos ejes (Stock, 2006). En el caso de I_x/I_y , la medición de la combadura se basa en el plano A-P con respecto al plano M-L. Cuando el valor obtenido es menor a 1, la sección transversal estará más elongada hacia el plano M-L, mientras que un valor mayor a 1 indica una elongación hacia el plano A-P (Figura 5.4). Un valor igual a 1, por tanto, indica una distribución equivalente del hueso en torno a ambos planos (Ruff, 1987; Wescott y Cunningham, 2006). El índice I_{\max}/I_{\min} , en cambio, indica la medición máxima de la combadura en esa

sección transversal. En este caso también sirven las diferencias observadas en el índice I_x/I_y , salvo que no puede darse un valor menor a 1 (Cameron y Pfeiffer, 2014). Sin embargo, ambos índices presentan desventajas: I_x/I_y se ve influenciado por la orientación del hueso a la hora de realizar su escaneo, mientras que I_{\max}/I_{\min} no informa de la orientación de la rigidez máxima o mínima ante la combadura (Nikita et al., 2011 y sus referencias).

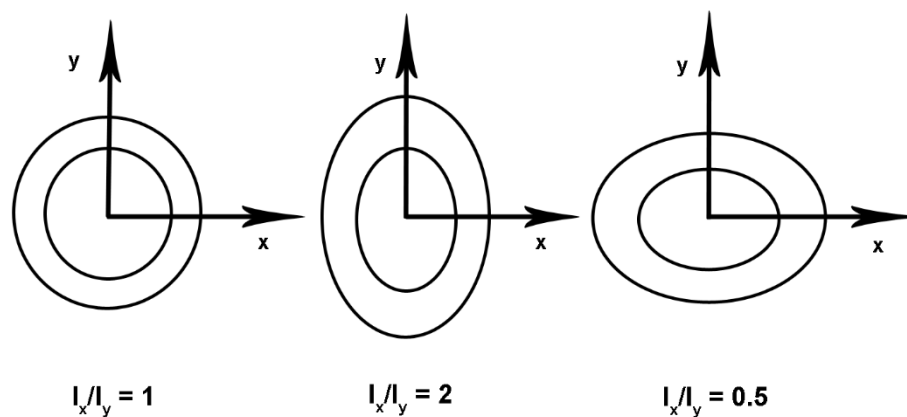


Figura 5.4. Valor del índice de circularidad en función de la sección transversal del hueso (I_x/I_y ; modificado de Ruff, 1987).

El momento polar de inercia (J), al ser un sumatorio de dos segundos momentos de área perpendiculares, es un indicativo de la resistencia a las cargas de torsión y combadura (Trinkaus et al., 1994).

Esta variable se caracteriza por ser calculado en el centroide de la sección transversal (Ogilvie y Hilton, 2011). Por último, está la sección polar modular (Z_p), que mide la fuerza de torsión y combadura, debido a su relación con este tipo de cargas (Trinkaus y Ruff, 2012; Rodríguez, 2013). Esta variable está relacionada con el segundo momento polar de área, ya que suele estimarse a partir de este último (Ruff, 2008 y sus referencias).

5.1.4 Metodologías utilizadas para la obtención de PGST

Las propiedades geométricas de las secciones transversales se obtienen dividiendo la diáfisis del hueso en varias secciones, normalmente en cinco secciones (20%, 35%, 50%, 65% y 80% de la diáfisis, empezando desde el extremo distal). Estas secciones pueden analizarse por medio de diferentes metodologías no invasivas, que permiten obtener imágenes de la región de estudio.

El primer método utilizado ha sido mediante la sección directa de las diáfisis de

los huesos o el uso de roturas fortuitas, considerándose estas técnicas invasivas (p. ej., Ruff y Hayes, 1983).

Dentro de las técnicas no invasivas, destaca la tomografía axial computarizada (TAC, *CT* en inglés), que permiten obtener una visión interna del hueso en tres dimensiones (p. ej., Sumner et al., 1985; Ruff y Leo, 1986; Macintosh et al., 2013).

A su vez, otro método que puede utilizarse son las radiografías biplanares, con el fin de capturar el contorno del hueso (p. ej., Ruff et al., 1993). Esta metodología también puede combinarse con la realización de moldes de la superficie o periostio del hueso mediante silicona (p. ej., Stock y Shaw, 2007). Esta combinación forma el método del molde de látex (*latex cast method* en inglés), de forma que aporta una estimación fiable de las PGST que no necesita estandarización si se compara con datos obtenidos por los TAC (Trinkaus y Ruff, 1989; Stock, 2002; O'Neill y Ruff, 2004).

La tomografía computarizada cuantitativa periférica (*pq-CT* en inglés) también puede usarse para los mismos fines, si bien se obtiene la imagen de una única sección y ha sido utilizada en deportistas (por ejemplo, Shaw y Stock, 2009a, 2009b).

Por último, más recientemente se ha comenzado a realizar escáneres de superficie, que permite obtener imágenes de la superficie del hueso sin necesidad de analizar su interior ya que existe una correlación entre la distribución del hueso cortical a media diáfisis y las PGST calculadas mediante escáneres de superficie (Davies et al., 2012; Davies y Stock, 2014).

5.1.5 Estudio de las propiedades geométricas de la sección transversal (PGST) en poblaciones recientes y antiguas

El estudio de las propiedades geométricas de la sección transversal (PGST) en distintas poblaciones permite comprender cómo la actividad física afecta a la morfología ósea y de esta manera, a partir de los huesos de poblaciones del pasado, intentar reconstruir las actividades relacionadas. En la primera parte de esta sección van a enumerarse una serie de estudios realizados sobre deportistas y grupos control, de los que se tiene información detallada de la actividad que realizan, permitiendo entender mejor la influencia de la actividad sobre la morfología del hueso. En la segunda parte, se van a tratar de resumir algunos de los estudios realizados sobre sociedades cazadoras-recolectoras y sociedades agricultoras y ganaderas del Holoceno, de forma que pueda observarse las variaciones en poblaciones actuales y de la Prehistoria.

5.1.5.1 Cambios en la morfología y en la robustez de las secciones del 35% en las extremidades superiores y del 50% en las extremidades inferiores en deportistas

En este apartado se ha realizado una selección de algunos de los estudios más relevantes sobre los cambios que pueden observarse en la morfología y en la robustez de los huesos largos de poblaciones recientes. Para ello, se han escogido diversos trabajos que comparan las extremidades superiores e inferiores de deportistas con grupos control (Haapasola et al., 2000; Nikander et al., 2006; Shaw y Stock, 2009a, 2009b; Shaw, 2011; Shaw et al., 2013; Saers et al., 2020).

Miembro superior

En el estudio de las extremidades superiores de jugadores de críquet, nadadores y grupos control (Figura 5.5), la robustez (AT, AC y AC%) es mayor en el lado dominante de los jugadores de críquet, mientras que es similar en ambos lados de los nadadores y grupo control (Shaw y Stock, 2009b). Por tanto, la asimetría bilateral en los jugadores de críquet es mayor que en los otros dos grupos de muestras, debido a la carga que implica en el brazo dominante, como consecuencia del lanzamiento de la pelota (Macintosh et al., 2014). En los otros dos grupos, sin embargo, la distribución equitativa es debido a un uso más simétrico de las extremidades superiores, debido a una actividad más bimanual.

En cuanto a la circularidad ($I_{\text{máx}}/I_{\text{mín}}$), los jugadores de críquet presentan una sección más circular que los grupos control en su lado dominante, si bien no hay diferencias significativas en los lados no dominantes entre ambos grupos (Shaw y Stock, 2009b). Esta característica en el lado dominante de los jugadores de críquet es consecuencia de las presiones sufridas durante la actividad habitual de dicho deporte en distintos planos (*throwing* y *bowling*/tiro y lanzamiento), que lleva a que la forma más eficiente de la sección ante estas presiones sea circular (Wainwright et al., 1982).

Miembro inferior

En el caso de las extremidades inferiores, las muestras están formadas por jugadores de hockey, corredores y grupos control (Figura 5.6; Shaw y Stock, 2009a) y jugadores de críquet y nadadores (Saers et al., 2020). En los deportes que implican la repetición de una carga mecánica de mayor impacto, como el hockey, el críquet o el correr, la rigidez (J) es mayor que en nadadores y grupos control, donde no sufren ese impacto (Shaw y Stock, 2009a; Saers et al., 2020).

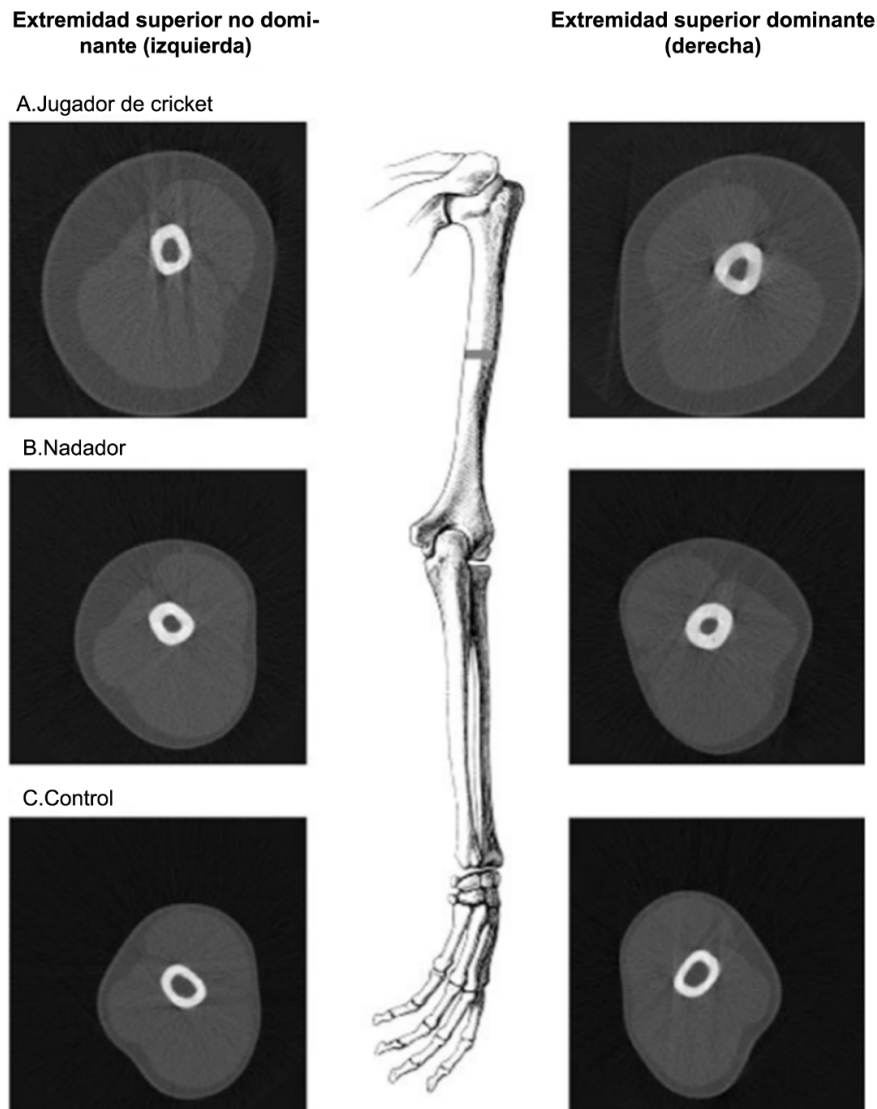


Figura 5.5. Tomografía axial cuantitativa periférica (pQCT) de la sección transversal a media diáfisis del húmero del lado dominante y no dominante de diferentes tipos de deportistas y grupos control, donde puede observarse el grosor del área cortical (Shaw y Stock, 2009b).

A su vez, las diáfisis de las tibias de los corredores y jugadores de hockey son más fuertes que las del grupo control y otros deportistas, mientras que existen pocas diferencias entre estos dos grupos. La poca diferenciación entre los dos grupos de atletas puede verse afectada por la influencia de diversos factores (p. ej., la magnitud de presión ejercida sobre el hueso, el número de ciclos de presiones sufridas o la forma del terreno; Shaw y Stock, 2009a), ya que estos influyen en el ciclo de remodelación y modelación del hueso (Martin y Burr, 1989). Estos resultados son comparables a los obtenidos por Nikander et al. (2006) en atletas y grupos control (ver más adelante).

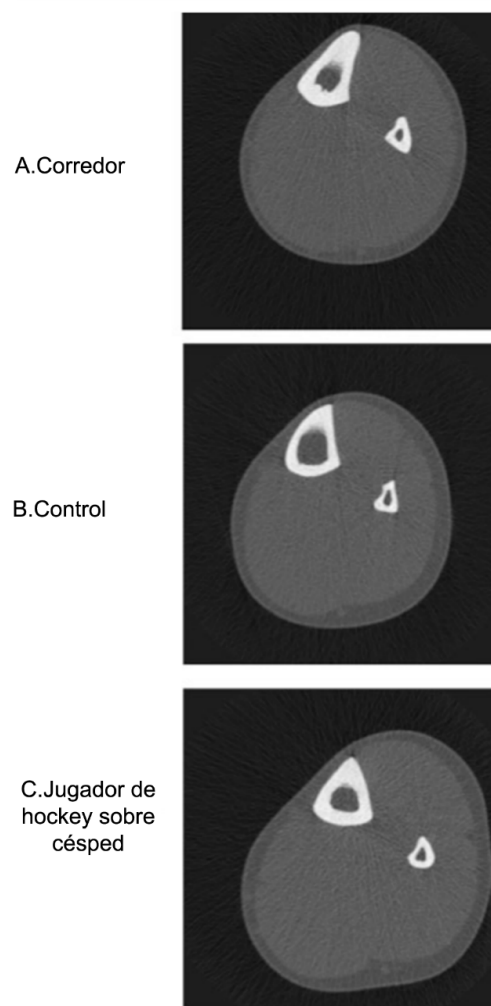


Figura 5.6. Tomografía axial cuantitativa periférica (pQCT) de la sección transversal del 50% de la tibia derecha de diferentes tipos de deportistas y grupos control, donde puede observarse el grosor del área cortical (Shaw y Stock, 2009a).

Sin embargo, la morfología de las tibias es la más elongada A-P en los corredores de larga distancia, mientras que en los jugadores de hockey los planos A-P y M-L son similares. El resultado obtenido en jugadores de críquet es similar al de los jugadores de hockey (Saers et al., 2020).

El grupo control y los nadadores, en cambio, se encuentran en medio de ambas morfologías, siendo los controles más cercanos a lo observado en los jugadores de hockey (Shaw y Stock, 2009a). Estas diferencias corresponden al historial atlético de los grupos de muestras: los corredores de larga distancia sufren una carga unidireccional, mientras que los jugadores de hockey y críquet una carga multidireccional y los nadadores no sufren ningún impacto. Por tanto, los factores que influyen son la cantidad de hueso cortical presente, así como su distribución a lo largo de la sección transversal: cuanto más lejos esté la masa esquelética del centroide de la sección, mayor será la habilidad del

hueso de resistir las cargas de combadura/flexión y de torsión (Bertram y Swartz, 1991). Esto indica que estos resultados muestran que los patrones morfológicos pueden reflejar los tipos de actividades locomotoras.

Miembro superior vs miembro inferior

En el estudio realizado por Shaw y Stock (2013), uno de los análisis se centra en la comparación de las extremidades superiores e inferiores de nadadores, corredores de larga distancia y grupos control. El grupo de nadadores presentan una mayor rigidez humeral (J), mientras que los corredores una mayor rigidez tibial. Esta situación está corroborada por un mayor uso de las extremidades superiores en los nadadores, a pesar del uso de las extremidades inferiores. En el caso de las tibias de los corredores de larga distancia, el valor de la rigidez (J) es debido al uso exclusivo de las extremidades inferiores durante su actividad. Los grupos control se asemejan a los corredores, ya que usan con más frecuencia las extremidades inferiores, aunque en menor grado. Por tanto, las extremidades de mayor uso han presentado una mayor rigidez porque han experimentado una mayor carga mecánica.

En deportes como la natación se da una simetría en el húmero, como consecuencia de un uso más equitativo de ambos lados (Shaw, 2011). Sin embargo, en deportes como el críquet o el hockey, sucede el comportamiento opuesto: en ambos se ha observado una asimetría dirigida hacia el húmero predominante, si bien los jugadores de críquet también mostraron una asimetría hacia el lado de la tibia no dominante (asimetría cruzada; Shaw, 2011).

El estudio de Haapasalo et al. (2000), realizado sobre diferentes tipos de deportistas, muestra que los jugadores de tenis profesionales finlandeses presentan una asimetría mayor en los parámetros $I_{máx}$ e $I_{mín}$ en la diáfisis y en la zona distal del humero (la sección del 50% y 20% respectivamente) que los grupos control. Por otro lado, Nikander et al. (2006) estudió muestras de mujeres deportistas en diferentes ámbitos (halterofilia, fútbol, voleibol, deportes de raqueta y natación). En ambos estudios se ha mostrado una diferencia en la rigidez ósea (J) entre deportistas y grupos control, concretamente en las extremidades que requerían un mayor uso en cada uno de los deportes.

En definitiva, se observa que:

- En deportes en los que predomina el uso de una de las extremidades superiores (por ejemplo, los jugadores de críquet), la asimetría bilateral es mayor que en deportistas que hacen un uso más equitativo de sus extremidades.

- En deportes en los que se da un mayor uso a las extremidades inferiores no se observa una diferencia significativa en su fuerza y rigidez, si bien su morfología sí varía en función del tipo de deporte.
- Los grupos control, a pesar de no practicar ningún deporte regularmente, presentan similitudes, en menor grado, con deportistas como nadadores, corredores de larga distancia o jugadores de hockey, ya que son deportes con un uso equitativo de ambos tipos de extremidades, así como con una predominancia del uso de las extremidades inferiores.
- En deportes como el críquet puede observarse la presencia de asimetría cruzada: predominancia del uso de la extremidad superior dominante a la vez que la extremidad inferior no dominante

5.1.5.2 Cambios en la morfología y robustez de las secciones del 35% en las extremidades superiores y del 50% en las extremidades inferiores de muestras de la Prehistoria Reciente

Existen numerosos estudios que han estudiado las propiedades geométricas de la sección transversal (PGST) a lo largo de la evolución, la variación en la movilidad y la lateralidad han tenido efecto sobre la morfología y comportamiento de los huesos largos (Stock, 2006; Shaw y Stock, 2009a). En este apartado se ha realizado una selección de trabajos que ponen en relieve la utilidad de los estudios biomecánicos para conocer la adaptación de los individuos a lo largo del tiempo.

Estudios realizados sobre muestras paleolíticas y mesolíticas europeas han mostrado que el paso de las sociedades cazadoras-recolectoras a aquellas más sedentarias trajo consigo una reducción de la fuerza ante la rigidez y el aumento del índice de circularidad del fémur, así como de la lateralidad del húmero a lo largo del tiempo (Ruff y Hayes, 1983; Ruff et al., 1984; Ruff, 1987; Holt, 2003). Esa misma tendencia se ha observado en muestras paleolíticas tardías del Norte de África y del Sudeste de Asia (Shackelford, 2007), así como en el Neolítico en el Noroeste italiano (Sparacello y Marchi, 2008; Shaw y Stock, 2011).

Este cambio implica a su vez una variación en la estrategia de subsistencia de las poblaciones a lo largo del tiempo a nivel de actividad y de carga de las extremidades inferiores: por ejemplo, diferentes estudios han obtenido que las diáfisis de las tibias y de los fémures en las sociedades recolectoras son más elongada A-P que M-L en comparación con sociedades con estrategias de subsistencia agricultora o marina (Ruff et al., 1993; Stock y Pfeiffer, 2001; Stock, 2006; Shaw y Stock, 2009b y sus referencias). Esto es,

los cambios en la economía (de cazadores recolectores a sociedades productivas) trajo consigo una disminución del grado de la movilidad (Marchi, 2008; Marchi et al., 2011; Sparacello et al., 2018), siendo el fémur un buen indicador de esta característica (Ruff et al., 1984; Holt, 2003; Stock, 2006; Shaw y Stock, 2011).

En el caso de las poblaciones de la Prehistoria Reciente, predominan los estudios en regiones europeas como Italia, Francia o el Centro de Europa, siendo el número de estudios en la península ibérica bastante inferior. Para la península ibérica destaca el trabajo de Ruff y Garvin (2018), mientras que otras regiones europeas han sido estudiadas en trabajos como Marchi et al. (2006; 2011), Ruff et al. (2006b), Sparacello y Marchi (2008), Macintosh et al. (2014), Holt et al. (2018a), Ruff y Garvin (2018), Ruff et al., (2018) y Parkinson (2020).

Las muestras de la Prehistoria Reciente de la península ibérica estudiadas por Ruff y Garvin (2018) solo incluyen individuos del Mesolítico y de la Edad de Bronce, sin que se hayan estudiado muestras del Neolítico ni del Calcolítico. Además, el bajo número de la muestra mesolítica puede haber condicionado los resultados observados. La robustez del hueso (AC%), tanto para los huesos de la extremidad superior como la extremidad inferior (más notable en la tibia), es mayor en las muestras mesolíticas que en las poblaciones de la Edad de Bronce (Ruff y Garvin, 2018).

A su vez, las poblaciones mesolíticas no presentan tanta solidez (Z_p) como las poblaciones de la Edad de Bronce, aunque este dato esté posiblemente influenciado por el bajo número de la muestra mesolítica. Los huesos largos de la extremidad inferior de este último periodo, especialmente las tibias de los individuos masculinos, presentan una mayor solidez, posiblemente indicando un modo de vida de mayor trabajo y desgaste. En las extremidades superiores de la muestra también se puede observar la misma tendencia.

En la asimetría de las extremidades superiores, en la variable de la solidez (Z_p), los húmeros de los individuos masculinos presentan una mayor asimetría con respecto a otros grupos de poblaciones posteriores. Esto puede ser consecuencia de la realización de actividades relacionadas con la metalurgia (Macintosh et al., 2014; Ruff y Garvin, 2018 y sus referencias), aunque el grado de implicación de los hombres en estas tareas está todavía en debate (Llul et al., 2011). En mujeres la asimetría es más constante y de menor valor que en hombres, mostrando posiblemente una diferenciación del reparto de las actividades en función del sexo (Jiménez-Brobeil et al., 2010; Llul et al., 2011), donde las mujeres se dedicaron al procesamiento de alimentos, usando ambas extremidades de forma simétrica (Sládek et al., 2018).

Por otro lado, en otras regiones europeas (Francia, Italia e Inglaterra) se observa

una tendencia de disminución de la robustez (AC%) y la solidez (Z_p) en las extremidades superiores e inferiores desde el Paleolítico Superior hasta la Edad de Bronce, siendo esta disminución más marcada en el Neolítico como consecuencia del cambio de sistema productivo a un modo de vida más sedentario (Holt et al., 2018a; Ruff et al., 2018).

A pesar de la tendencia general, se han podido observar excepciones en algunas muestras específicas europeas. En cuanto a las extremidades inferiores, el ejemplo de la muestra neolítica de la zona de Liguria (Italia) no muestra ese descenso en la robustez (AT y AC), la circularidad ($I_{\text{máx}}/I_{\text{mín}}$) y la rigidez (J), si bien sí es apreciable en el Neolítico Tardío o Edad de Cobre. Esto indica que las poblaciones neolíticas tenían una estrategia más activa y enfocada al pastoreo, por lo que el cambio de modo de vida en lo que se refiere a la movilidad pudo tener lugar durante la Edad de Cobre (Marchi et al., 2006; Sparacello y Marchi, 2008; Marchi et al., 2011; Parkinson, 2020).

En ejemplos de muestras de Italia y Malta, la robustez (AT) en las extremidades superiores aumenta durante el Neolítico, mientras que disminuye durante la Edad de Cobre y Edad de Bronce, posiblemente como consecuencia del desarrollo tecnológico y la introducción de la mecanización (Parkinson, 2020). Los niveles de asimetría en extremidades superiores varían en función del sexo de los individuos (Marchi et al., 2006). En hombres la asimetría sufre un descenso entre el Paleolítico Superior y el Neolítico, con una lateralidad hacia el lado derecho, indicando que el abandono de la estrategia de la caza afectó al uso de las extremidades, manteniendo la predominancia del brazo derecho (Holt et al., 2018b). Las mujeres, en cambio, experimentaron ese descenso a partir del Neolítico, volviéndose a incrementar en la Edad de Hierro, indicando un uso simétrico de ambas extremidades hasta este último periodo (Macintosh et al., 2014; Sládek et al., 2018). Por tanto, quedaría reflejado la división de tareas en función del sexo y el paso de las sociedades cazadoras-recolectoras a las sociedades productoras, donde los hombres se centrarían en tareas unimanuales y las mujeres en tareas bimanuales (Sládek et al., 2007, 2016; Sparacello et al., 2011).

A modo general, se ha observado que la muestra mesolítica de la península ibérica es relativamente más débil en robustez (AC%) que las muestras europeas, aunque el bajo número de la muestra limita también su estudio. En cambio, las muestras de la Edad de Bronce se consideran más fuertes en comparación con muestras europeas del mismo periodo, donde se aprecia un mayor valor en hombres que en mujeres a lo largo del tiempo, tanto en la extremidad superior como en la extremidad inferior (Ruff y Garvin, 2018).

Con respecto a la asimetría, tanto en la península ibérica como en Europa, se da

una predominancia hacia el lado derecho como consecuencia de la lateralidad (Sládek et al., 2018 y sus referencias). El descenso de la asimetría en hombre tuvo lugar entre el Paleolítico Superior y el Neolítico, mientras que las mujeres a partir del Neolítico, manteniendo una simetría durante la Edad de Bronce (Holt et al., 2018a).

5.2 OBJETIVOS

El objetivo principal de este apartado es realizar un estudio de las propiedades geométricas de las secciones transversales (PGST) de los huesos largos biomecánico en yacimientos del norte peninsular. En concreto se pretende:

- Estudiar las PGST en un húmero y un fémur de uno de los individuos del Neolítico del yacimiento de Lumentxa (Lekeitio, Bizkaia)
- Estudiar las PGST en un fémur de un individuo datado en la Edad de Bronce del yacimiento de Atxuri-I (Mañaria, Bizkaia)
- Del yacimiento de El Mirador (Calcolítico, Burgos) estudiar:
 - Las PGST en los húmeros completos pertenecientes a individuos adultos
 - Las PGST en los fémures y las tibias completas pertenecientes a individuos adultos
 - De manera preliminar, la asimetría bilateral en las PGST de los húmeros

5.3 MATERIAL

El estudio biomecánico se ha realizado en los huesos largos completos de los yacimientos de Atxuri-I y Lumentxa (Bizkaia), así como en la cueva de El Mirador (Burgos). El estudio se ha realizado sobre un fémur (Atxuri-I) y un húmero y un fémur (Lumentxa), que son los únicos huesos largos completos de estos yacimientos (Tabla 5.2).

En el caso de El Mirador, en cambio, el estudio se ha podido realizar en un mayor número de restos óseos, tanto en húmeros como en fémures y en tibias (Tabla 5.2). En esta colección, los esqueletos estaban mezclados y no mostraban ninguna conexión anatómica, lo que ha conllevado ciertas limitaciones en su estudio. En el estudio de la asimetría en los húmeros, ha sido necesario realizar un paso previo para intentar asociar entre sí los húmeros pertenecientes a un mismo individuo. Para ello, se han usado las medidas de la longitud máxima, así como la anchura proximal y distal de las epífisis, debido a que las

variaciones por factores externos (no genéticos) en esas mediciones son menores al estar más canalizadas genéticamente que las que suceden en las diáfisis (Auerbach y Ruff, 2006).

Tabla 5.2. Resumen de los huesos largos estudiados en cada yacimiento.

Yacimiento	Huesos estudiados		
	Húmeros	Fémures	Tibias
Lumentxa	1	1	-
Atxuri-I	-	1	-
El Mirador	22	31	33

5.4 METODOLOGIA

En este apartado se explica de manera más detallada las dos metodologías que se han empleado para poder obtener las propiedades geométricas de las secciones transversales (PGST).

5.4.1 Adquisición de los datos

5.4.1.1 Tomografía axial computarizada (TAC médicos)

En el caso de los huesos largos de Lumentxa y Atxuri-I, se han realizado escáneres TACs en el Hospital IMQ de Zorrozaurre (Figura 5.7). El escáner utilizado fue un Siemens Definition As 20 (fuente de energía de 120 kv/180 mAs, grosor de corte colimado a 0,6 mm e incremento de corte de 0,6 mm). La muestra de comparación de Jau-Dignac-et-Loirac (siglo VII-VIII A.D.), por otra parte, fueron escaneados con anterioridad en el Centro Médico Tivoli de Burdeos. Todas las imágenes obtenidas del escaneo de las tres colecciones fueron exportadas en formato dicom.

5.4.1.2 Escáner de superficie

En el caso de los huesos largos de la colección de El Mirador, se ha usado el escáner de superficie GO!Scan 20, con una resolución de 0,4 mm. Este escáner funciona mediante el software VXelements. Para poder escanear los huesos de manera completa, es necesario realizar varias sesiones desde diferentes perspectivas y posteriormente dichas sesiones se fusionan en el mismo programa informático. De esta forma se crean los modelos 3D de los huesos largos de interés y se exportan a un formato .stl o .ply (Figura 5.8).



Figura 5.7. De arriba a abajo: Tomografía axial computarizada utilizada para el escaneo de los huesos largos (imagen obtenida de <https://www.gruposcaner.biz/tac-bilbao#tac>); imagen del momento de la realización de un TAC del fémur izquierdo de Atxuri-I.



Figura 5.8. Escáner de superficie GO!Scan 20 y el software VXelements, en el que aparece escaneado un maxilar izquierdo de *Coelodonta antiquitatis* del yacimiento de Mainea (Uitzi, Navarra; publicado por Rodríguez-Almagro et al., 2021).

5.4.2 Obtención de propiedades geométricas de las secciones transversales (PGST)

En los huesos largos de la extremidad inferior como el fémur y la tibia, se usa la sección central (50%), ya que es la sección que más refleja la influencia de la actividad física del individuo. En el caso del húmero, se usa la sección del 35%, para intentar evitar la influencia que pueda tener la tuberosidad deltoidea y zonas grandes de inserción muscular (Cameron y Pfeiffer, 2014; Cameron y Stock, 2018; Ruff, 2018a, 2018b).

5.4.2.1 A partir de la tomografía axial computarizada (TAC)

Las propiedades geométricas de la sección transversal que se obtienen mediante esta metodología son denominadas parámetros verdaderos, debido a que éstas se obtienen a partir del estudio del contorno tanto interno como externo del hueso (Macintosh et al., 2013). Este tratamiento de datos se ha realizado en los escaneos de los huesos largos de Atxuri-I y Lumentxa.

Las imágenes dicom obtenidas se trabajan con el software *Fiji* (acrónimo de *Fiji is just ImageJ*) (<http://rsbweb.nih.gov/ij/>), de forma que se puedan exportar esos ficheros a formato de imagen .tiff. Una vez obtenidos los ficheros .tiff, se usa el *plug-in* o extensión *BoneJ* (Doube et al., 2010), concretamente la opción “*Moment of Inertia*”, de forma que se formen nuevas imágenes .tiff con el hueso alineado. Con estas nuevas imágenes, se usa la opción “*Slice Geometry*” del *plug-in BoneJ*, especificando el hueso de estudio, para obtener las propiedades de la sección transversal (Figura 5.9), aunque de estos resultados solo es de interés el resultado del área cortical (AC).



Figura 5.9. Corte de la sección transversal del 50% de la diáfisis de un fémur.

Para poder obtener el dato del área total (AT) se han de realizar una serie de pasos. Primero, se usa la extensión “*MomentMacro*” (Ruff, 2006; www.hopkinsmedicine.org/fac/mmacro.html), específicamente la opción “*Moment calculation*”, que también va a calcular el resto de los parámetros. Hay que revisar que el AC medido es igual o muy parecido al obtenido en pasos anteriores, de forma que quede demostrado que el proceso se está realizando correctamente. Seguidamente, hay que rellenar el área medular y volver a usar el *plugin* “*MomentMacro*” (Figura 5.10), para que los parámetros de AT y AC obtengan el mismo valor.



Figura 5.10. Corte de la sección transversal del 50% de la diáfisis de un fémur, con el área medular rellenada para obtener el área total (AT).

A partir de estos pasos, se pueden obtener los parámetros biomecánicos referentes al segundo momento de área o inercia en distintos planos y las relacionen entre ellos (I_x , I_y , $I_{máx}$, $I_{mín}$, I_x/I_y , $I_{máx}/I_{mín}$), el momento polar de inercia (J) y a la sección polar modular (Z_p). Por último, se vuelve a usar la opción “*Slice Geometry*” del *plugin BoneJ* para volver a obtener todos los parámetros de la sección transversal de los huesos largos, aunque en este caso solo interesa el parámetro CSA, ya que es el que indica el valor del área total (AT).

5.4.2.2 A partir de escáneres de superficie

En este caso, las propiedades geométricas de la sección transversal son

denominadas parámetros sólidos, debido a que estas se obtienen únicamente mediante el estudio del contorno externo del hueso (Macintosh et al., 2013). Esta metodología se basa en la correlación entre el aspecto externo e interno del hueso (Davies et al., 2012). Este tratamiento de datos se ha utilizado en los huesos largos de la colección de El Mirador.

Los archivos obtenidos mediante el escaneo son importados al software Autodesk netfabb. Este programa informático permite eliminar cualquier resto o elemento que ha sido escaneado y no resulta de interés, así como de arreglar cualquier imperfección que se ha podido generar en la imagen 3D escaneada. Una vez finalizada esta acción, se exporta el modelo 3D en un fichero .stl, y se importa en el software Meshlab.

Este programa informático se emplea para alinear los huesos dentro del sistema de coordenadas xyz, siguiendo las indicaciones de Ruff (2002) (Figura 5.11). Una vez el hueso esté orientado, se debe exportar en formato .xyz.

Por último, este archivo se importa en el software creado a medida para calcular las propiedades geométricas de la sección transversal de los huesos largos. Este software recibe el nombre de *AsciiSection* y ha sido creado por Davies et al. (2012) como forma alternativa a los TACs (más costosos económicamente) para poder realizar el estudio biomecánico. Este programa permite calcular los parámetros del área total (AT) y aquellos relacionados con el segundo momento de área (I_x , I_y , I_{\max} , I_{\min}). A partir de estos parámetros, también es posible calcular los índices de forma (I_x/I_y y I_{\max}/I_{\min}) y el momento polar de inercia (J). El software permite calcular estas variables en intervalos de 1% (Davies y Stock, 2014; Cameron y Stock, 2018) desde la sección del 20% hasta la sección del 80% de la diáfisis de los huesos largos, aunque en este estudio nos hemos centrado en una sola sección (especificadas al inicio de este apartado).

5.4.3 Diferencias y similitudes entre ambas metodologías

A pesar de que ambas metodologías permiten calcular los parámetros biomecánicos, existen diferencias relevantes entre ellas, que pueden considerarse tanto ventajas como desventajas de cada método.

En primer lugar, hay que destacar que la realización de los escáneres TACs es más costosa que el realizar los modelos 3D mediante el escáner de superficie ya que requiere una infraestructura más cara que, salvo excepciones, no es fácilmente transportable. Por ello, el escáner de superficie (y más recientemente la fotogrametría) está más al alcance de los investigadores, al no suponer tanto gasto en el presupuesto (Stock, 2002; O'Neill y Ruff, 2004; Ruff, 2008).

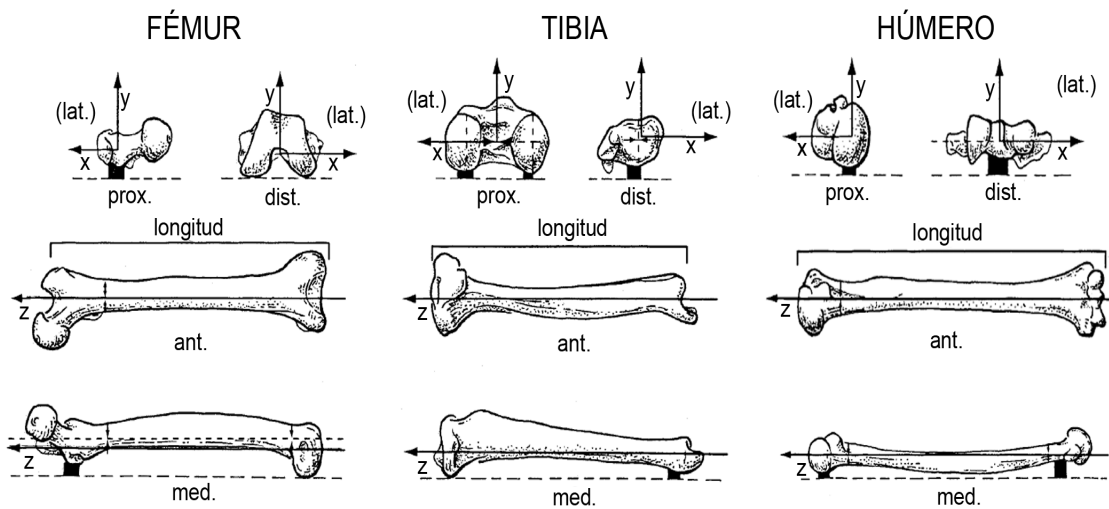


Figura 5.11. Orientación dentro del sistema de coordenadas xyz de cada uno de los huesos largos utilizados. Prox: proximal; dist: distal; ant: anterior; med: medial; lat: lateral (modificado de Ruff, 2002).

En segundo lugar, es importante destacar la accesibilidad a ambas metodologías. Los escáneres TACs se realizan en hospitales, lo cual dificulta su acceso en las regiones rurales (Stock y Shaw, 2007; Ruff, 2008, 2018b). El escáner de superficie, al ser portable, puede utilizarse tanto en regiones urbanas como rurales (Macintosh et al., 2013).

Por otro lado, el escáner TAC resulta más invasivo para el material de estudio que el escáner de superficie, ya que el uso de este último no afecta a la estructura ni al tejido óseo de los huesos. En el caso del TAC, a pesar de que no afectaría a la conservación de las muestras por ser de adscripción cronológica reciente, estas sufrirían irradiación por el uso de esta metodología. En todo caso, ambas metodologías van a permitir realizar modelos 3D de los restos óseos, permitiendo tomar medidas tradicionales u observar posibles patologías (Davies et al., 2012; Parkinson, 2020).

Por último, la diferencia más reseñable entre ambas metodologías es que en función de cómo se han calculado estos parámetros, suelen ser considerados como parámetros sólidos (escáner de superficie) o verdaderos (TACs). Los parámetros biomecánicos calculados mediante el uso de escáneres de superficie serían considerados como parámetros sólidos, mientras que aquellos calculados mediante escáneres TAC serían considerados como parámetros verdaderos. Esto es debido a que los parámetros verdaderos son aquellos que provienen del estudio tanto del periostio como del endostio (Ruff, 2008; Macintosh et al., 2013), mientras que los parámetros sólidos son los que provienen únicamente del estudio de la superficie del hueso (Davies et al., 2012; Davies y Stock, 2014). Esta situación conlleva a que con el escáner de superficie no sea posible obtener los parámetros biomecánicos relacionados con el endostio, como el área cortical (AC), el porcentaje del área cortical (AC%) y el área medular (AM). Por tanto, el uso del

escáner de superficie entraña ciertas limitaciones en el estudio biomecánico.

El hecho de poder estudiar solamente la superficie del hueso indicaría que los parámetros sólidos no serían tan fiables como los parámetros verdaderos, debido a que no se podría acceder al interior del hueso. Sin embargo, se ha demostrado que, si bien los resultados obtenidos con los parámetros sólidos no serían equivalentes, sí mostrarían una correlación significativa con los obtenidos en los parámetros verdaderos en varias de las secciones de las diáfisis de los huesos largos (Sparacello y Pearson, 2010; Shaw y Stock, 2011; Macintosh et al., 2013), siempre y cuando el periostio esté bien conservado (Stock y Shaw, 2007).

5.4.4 Estandarización de las propiedades geométricas de la sección transversal

Una vez calculadas las propiedades de la sección transversal de los huesos largos, hay que tener en cuenta que hay diversos factores que pueden influir en los datos obtenidos. El tamaño corporal, concretamente la masa corporal y la longitud de los huesos merece especial atención (Ruff et al., 1993; Ruff, 2008, Sparacello et al., 2018), ya que contribuyen a la carga mecánica que sufren los huesos largos y está correlacionado con la masa muscular (Ruff, 2018b). Debido a esto, es necesario estandarizar las propiedades geométricas de la sección transversal, para evitar el efecto de dichos factores (Ruff et al., 1991; Davies y Stock, 2014). Esto se aplica no solo a los huesos largos de las extremidades inferiores, que son los huesos encargados de soportar y llevar el peso del individuo, sino también en los huesos largos de las extremidades superiores (Ruff, 2000, 2003; Ruff et al., 1993).

En función de las propiedades de la sección transversal de estudio, las formas de estandarizar los datos son diferentes. Debido a que la masa corporal juega un papel relevante (Ruff et al., 1993; Ruff, 2000), es necesario estimar primero este parámetro usando la medida del diámetro de la cabeza femoral (ver Sección 4.4.5), siendo esta la mejor opción de estandarización (Parkinson, 2020).

5.4.4.1 Estandarización por medio de la metodología de la masa corporal

Este tipo de estandarización se ha realizado en los huesos largos de las colecciones de Atxuri-I y Lumentxa (escaneados mediante TAC) y en los fémures y las tibias (escaneados mediante el escáner de superficie) de la colección de El Mirador.

En el caso de El Mirador, para poder realizar la estandarización en las tibias, se

ha estimado la medida del diámetro de la cabeza femoral que correspondería a esa tibia usando distintas fórmulas de regresión (Tabla 5.3; Trinkaus, 2009; Will y Stock, 2015).

En la fórmula de regresión propuesta por Trinkaus (2009; ver Tabla 5.3) se realiza el antilogaritmo en base 10 del resultado para obtener la medida del diámetro de la cabeza femoral (DCF). En la metodología de Will y Stock (2015) es necesario realizar un logaritmo en base 10 de cada una de las medidas y posteriormente usar las fórmulas de regresión indicadas (Tabla 5.3). Seguidamente, se realiza el antilogaritmo en base 10 de los datos, obteniendo así las medidas del diámetro de la cabeza femoral (DCF).

Una vez obtenidas las cinco medidas, se realiza la media de estos resultados, de forma que solo haya un único dato para estimar la masa corporal.

Las propiedades de la sección transversal considerados como propiedades “mecánicas”, en este caso el área total (AT), solamente han de estandarizarse mediante la división por la masa corporal (Ruff, 2008) y después multiplicarlas por 100 (Tabla 5.4), de forma que se eviten los decimales (Ruff, 2018b).

Tabla 5.3. Fórmulas en base logarítmica usadas para el primer paso de la estimación del diámetro de la cabeza femoral (DCF) a partir de la tibia.

Medida utilizada ²	Símbolo	Fórmula	r ²	EEE ¹
Longitud máxima ²	LM	DCF= Antilog ((0.748*(Log LM))-0.265)	0.637	-
Diámetro sagital de la epífisis distal ³	DSEP	DCF= Antilog (0.592 + (0.735*(Log DSEP)))	0.647	0.02900
Perímetro de la diáfisis ³	PD	DCF= Antilog (0.497 + (0.608*(Log PD)))	0.492	0.02919
Longitud máxima ³	LM	DCF= Antilog (-0.247 + (0.739*(Log LM)))	0.340	0.03623
Anchura epifisaria proximal máxima ³	AEPM	DCF= Antilog (0.545 + (0.591*(Log AEPM)))	0.284	0.03728

¹EEE= Error estándar de la estimación.

²Fórmula utilizada de Trinkaus (2009).

³Fórmula utilizada de Will y Stock (2015).

El momento polar de inercia (J) se estandariza mediante la división del producto de la masa corporal y la longitud del hueso al cuadrado (Marchi et al., 2006; Ruff, 2008), y se multiplica por 10⁵ para eliminar decimales (Ruff, 2018b).

Por último, el parámetro de la sección polar modular (Z_p) se estandariza dividiendo su valor por el producto de la masa corporal y la longitud del hueso (Ruff, 2000, 2002), multiplicando el resultado por 10⁴ (Ruff, 2018b). Tanto los parámetros biomecánicos que están representados por porcentajes (AC%) como los índices (I_x/I_y e $I_{máx}/I_{mín}$) no necesitan estandarizarse (Ruff, 2008).

Tabla 5.4. Fórmulas usadas para la estandarización de las propiedades geométricas de la sección transversal.

Parámetro biomecánico	Acrónimo (en castellano)	Acrónimo (en inglés)	Atxuri-I + Lumentxa ¹	El Mirador	
				Fémur y Tibia ¹	Húmero ²
Área total	AT	TA	-	$E = [(TA)/(MC)] * 10^2$	$E = [(TA)/(LO)^3] * 10^8$
Porcentaje del área cortical	AC%	%CA	No necesita estandarización	-	-
Momento polar de inercia	J	J	-	$E = [(J)/(MC) * (LO)]^2 * 10^5$	$E = [(J)/(LO)^{5.33}] * 10^{12}$
Índice de forma	I_x/I_y	I_x/I_y	-	-	No necesita estandarización
Índice de forma	$I_{x_{max}}/I_{x_{min}}$	$I_{x_{max}}/I_{x_{min}}$	-	No necesita estandarización	-
Sección modular polar	Z_p	Z_p	$E = [(Z_p)/(MC) * (LO)] * 10^4$	-	-

*1 Fórmulas de estandarización usando la masa corporal, empleadas con los escaneos obtenidos con tomografía axial computarizada y escáner de superficie: en las colecciones de Atxuri-I y Lumentxa y en los fémures y las tibias de la colección de El Mirador respectivamente.

*2 Fórmulas de estandarización usando la potencia de la longitud del hueso, empleadas con los escáneres obtenidos con escáner de superficie: empleado en los húmeros de la colección de El Mirador.

MC= masa corporal.

LO= longitud ósea.

5.4.4.2 Estandarización por medio de la metodología de la potencia de la longitud ósea

En ocasiones, es difícil estimar la masa corporal a partir de un resto óseo, lo cual impide la estandarización usando la masa corporal. En esta situación, los datos han de estandarizarse por medio de la potencia de la longitud ósea definida por Ruff (2008, 2018b). Esta metodología asume que toda la muestra tiene el mismo tamaño corporal, lo cual puede llegar a ser problemático (Ruff, 2000, 2008). Este tipo de estandarización se ha realizado en los húmeros de la colección de El Mirador, escaneados mediante el escáner de superficie.

Para el área total (AT), que es un parámetro biomecánico considerado como “mecánico”, se divide por la longitud del hueso (en cm) elevado al cubo (Ruff, 2008; Cameron y Pfeiffer, 2014) y se multiplica por 10^8 , para evitar los decimales (Tabla 5.4).

En cuanto al momento polar de inercia, el resultado se divide por la longitud del hueso (en cm) elevado a 5,33 (Ruff et al., 1993; Ruff, 2008; Sparacello y Marchi, 2008) y se multiplica por 10^{12} . Por último, los índices de circularidad (I_x/I_y e I_{\max}/I_{\min}) al igual que en la metodología anterior, no necesitan estandarizarse (Parkinson, 2020).

5.4.5 Estudio de la asimetría en las extremidades superiores

La asimetría bilateral puede definirse como una medición no direccional que indica la carga que sufre una de las extremidades superiores con respecto a la otra (Cameron y Stock, 2018), que permite conocer acerca del tipo de actividades que realizaban los individuos (tareas unimanuales: uso predominante de un brazo; tareas bimanuales: uso equitativo de ambas extremidades) y en combinación con la determinación del sexo, de la posible existencia de dimorfismos sexual en la realización de dichas actividades (Pomeroy y Zakrzewski, 2009).

Este análisis se realiza mayormente en la extremidad superior, debido a que la asimetría es más pronunciada en esta zona del esqueleto (Sládek et al., 2018), como consecuencia de la influencia de la lateralidad y la ausencia de efectos de las cargas relativamente simétricas que sufren las extremidades inferiores debido a la locomoción bípeda (Auerbach y Ruff, 2006; Ruff, 2008; Shaw, 2011). En concreto se seleccionan los húmeros, ya que la asimetría es más consistente y marcada que en el radio y la ulna (p. e.j., Trinkaus et al., 1994; Ruff, 2008; Macintosh et al., 2014).

Los húmeros de El Mirador estaban mezclados y sin conexión anatómica, por lo que se ha realizado un paso previo para intentar asociar entre sí los húmeros pertenecientes

a un mismo individuo. Para ello, se van a usar las medidas de la longitud máxima y las anchuras proximal y distal de las epífisis, ya que su variación por factores externos es menor que en las medidas de las diáfisis (Auerbach y Ruff, 2006; Sládek et al., 2016). Después, para comprobar esas asociaciones, se ha realizado un estudio morfológico de las características de las diáfisis y las epífisis proximales y distales de los dos húmeros que forman cada asociación. De esta forma se pueden descartar aquellas asociaciones que no resulten fiables.

Una vez realizada esta asociación, se ha estudiado la asimetría en diversas PGST (AT, J, I_x/I_y). En este trabajo, la asimetría se va a estudiar de dos formas diferentes: usando la asimetría direccional (AD%) y la asimetría absoluta o máxima (AA%/AMáx%).

5.4.5.1 Asimetría direccional (AD%; %DA en inglés)

La asimetría direccional es aquella que mide la magnitud de la asimetría en función de la lateralidad, esto es, diferenciando los valores estudiados en función de si son del lado derecho (D) o izquierdo (I) (Sládek et al., 2018). Por tanto, este parámetro refleja tanto la magnitud como la dirección de la asimetría (Pomeroy y Zakrzewski, 2009; Sládek et al., 2016).

El cálculo se realiza de la siguiente manera:

$$AD\% = (D-I)/[(D+I)/2] \times 100.$$

Los valores positivos indican una asimetría desviada hacia el lado derecho, indicando que habría una dominancia del lado derecho. Un valor negativo, en cambio, indicaría una desviación hacia el lado izquierdo, por tanto, habría una dominancia del lado izquierdo. Por último, un valor cercano a cero indicaría una ausencia de asimetría (Auerbach y Ruff, 2006; Stock et al., 2013).

5.4.5.2 Asimetría absoluta (AA%; %AA en inglés)

En el caso de la asimetría absoluta, el cálculo no depende de la lateralidad (Sládek et al., 2018), ya que se realiza en función de los valores máximos (Max) y los valores mínimos (Min). Por tanto, en este caso se muestra la asimetría total de la muestra (Pomeroy y Zakrzewski, 2009; Miller et al., 2018).

Esta asimetría se calcula de la siguiente manera:

$$AA\% = (\text{Max}-\text{Min})/[(\text{Max}+\text{Min})/2] \times 100.$$

Cuando el valor es cercano a cero, indica la existencia de una simetría bilateral, esto es, que no hay presencia de ninguna asimetría. Un valor positivo indicaría la presencia de asimetría (Auerbach y Ruff, 2006; Sládek et al., 2016, 2018).

5.5 RESULTS

In the following section, all the biomechanical information about our collections will be presented individually, as not the same parameters have been studied in each sample. In this case, the individual from Abittaga was excluded, as there were not any complete long bones present in the sample.

First, the samples from the Atlantic Western Pyrenean area will be explained, ordered depending on the chronology, to finish with the sample from El Mirador.

5.5.1 *Lumentxa*

In the Lumentxa sample, one humerus and one femur from the Individual 5 have been studied, as this individual was the only one with complete long bones. As it has been explained in the Atxuri-I section, the biomechanical parameters on this individual were also obtained from the CT-scan, having the opportunity to estimate all the parameters. In this case, the percentage cortical area (%CA) and polar section modulus (Z_p) were also used. As the sex of the individual has been assessed, the data were compared only to male samples.

The standardisation of the biomechanical parameters for both humerus and femur has been done by the body mass methodology, as it was possible to estimate the body mass using the femur. Moreover, as the humerus was assigned to the same individual, the same methodology can be used.

5.5.1.1 Humerus

The standardised and non-standardised %CA and Z_p results for the mid-distal or 35% section can be observed in Table 5.5. The data of the remaining parameters and sections can be observed in Appendix D (Tables S1 and S2). The cross-sections at 35% and 50% of length are illustrated in Figure 5.12. The database of comparative Upper

Palaeolithic, Mesolithic, Neolithic, Bronze Age, Iron Age/Roman Age and Medieval right male humeri for Iberian Peninsula and France and Italy is summarised in Appendix D (Table S3). Furthermore, the representation of the results for the rest of the sections can be observed in Appendix D (Figure S1).

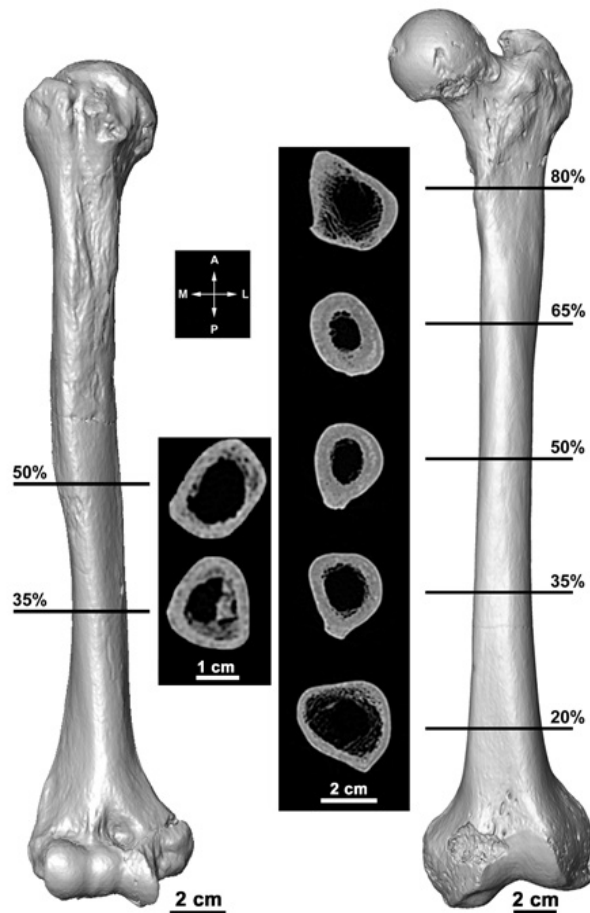


Figura 5.12. Anterior view of the 3D surface model of the right humerus (label: L.28F.240,5.1.L9) and the left femur (label: L.28G.253,5.9.L9) of the individual 5 from Lumentxa. 35% and 50% sections are represented on the humerus, while all sections are observed on the femur (20%, 35%, 50%, 65% and 80% of biomechanical length measured from the distal end).

Table 5.5. Standardised and non-standardised cross-sectional geometric properties of the Lumentxa right male humerus (label: L28F.240,5.1.L9) and left male femur (label: L.28G.253,5.9.L9).

Anatomical region	Side	Section level	%CA	Z_p (non-standardised)	Z_p (standardised)
Humerus	Right	35%	73.38	1519.86	588.09
Femur	Left	50%	74.49	3089.15	1195.31

Estimated stature from this bone = 156.8 cm and estimated body mass = 61.7 kg.

Maximum length of the femur: 419 mm.

Polar section modulus (Z_p) is measured in mm^3

Relative cortical area (%CA)

The cortical thickness (%CA) of the humerus is low compared with Upper Palaeolithic samples from France and Italy and the Mesolithic sample from Iberian Peninsula (Figure 5.13). Individual 5 shows a similar value to the median of the Neolithic samples from France and Italy, but lower than the Bronze Age samples from France, Italy, and the Iberian Peninsula. Finally, this individual falls above the median value of the Iron Age/Roman samples from France and Italy, but below that of the higher values of the Early Medieval sample from the Iberian Peninsula.

Polar section modulus (Z_p)

The pattern of similarity between Individual 5 and the comparative dataset is similar to that for %CA: Individual 5 falls below the Upper Palaeolithic and Mesolithic samples and is similar to the median of the Neolithic sample from France and Italy. This Neolithic individual has a Z_p value that is lower than median for the Bronze Age sample from Iberian Peninsula, but higher than median for France and Italy. Furthermore, this individual falls between the medians of the Iron Age/Roman period sample from France and Italy and that of the Early Medieval sample from the Iberian Peninsula.

5.5.1.2 Femur

The standardised and non-standardised %CA and Z_p results for the midshaft or 50% section can be observed in Table 5.5. The data of the remaining parameters for the other sections as well as the remaining parameters are summarized in Appendix D (Tables S4 and S5). All cross-sections are illustrated in Figure 5.13. The database of comparative Upper Palaeolithic, Mesolithic, Neolithic, Bronze Age, Iron Age/Roman Age and Medieval right male femora for Iberian Peninsula and France and Italy is summarised in Appendix D (Table S6). The data of Jau-Dignac-et-Loirac male sample can be observed in Appendix D (Tables S7 and S8). In this case as well, the representation of the results for the rest of the sections is summarized in Appendix D (Figure S2).

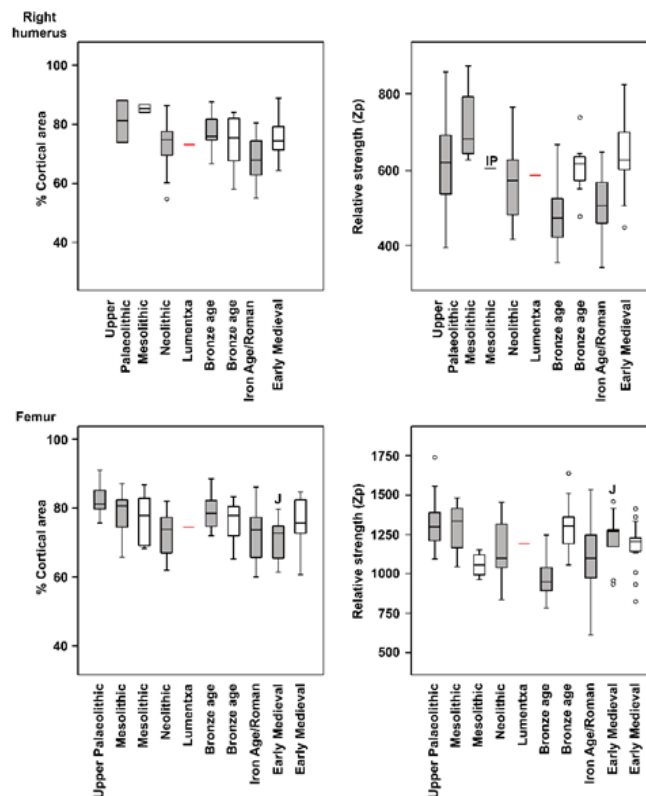


Figura 5.13. Percentage cortical area and polar section modulus of the humerus (35% section) and femur (50% section) of the Individual 5 from Lumentxa, ascribed to the Neolithic, compared to male and female samples from Western Europe. Grey boxes: samples from France and Italy (Holt et al., 2018a; white boxes: samples from the Iberian Peninsula (Ruff and Garvin, 2018); red line: Lumentxa individual; IP: single data from the Iberian Peninsula (Ruff and Garvin, 2018); J: medieval sample from Jau-Dignac-et-Loirac, ascribed to the 7th-8th century.

Relative cortical area (%CA)

The Individual 5 femur shows a lower value than both Upper Palaeolithic and Mesolithic sample median from France and Italy, but more similar to the Mesolithic sample from Iberian Peninsula and close to the median of the Neolithic sample from France and Italy. Moreover, Individual 5 has a lower %CA value than the median of both Bronze Age samples from France and Italy, and the Iberian Peninsula, as well as the individual of Atxuri-I. Individual 5 is close to the median of the Iron Age/Roman Age sample from France and Italy and the medieval sample from Jau-Dignac-et-Loirac.

Polar section modulus (Z_p)

The results for the polar section modulus of the femur of Individual 5 parallel those for humerus in general terms: Individual 5 has a lower value than the medians of the Upper Palaeolithic and Mesolithic samples from France and Italy but a higher value

the values for the Mesolithic sample from the Iberian Peninsula.

Compared with the Neolithic sample from France and Italy, the individual shows a value slightly above the median. In the case of the Bronze Age period, he shows a value between the medians of the samples from the Iberian Peninsula and from France and Italy, and a bit higher than the individual of Atxuri-I. Individual 5 is within the (large) variation of the Iron Age/Roman Age sample from France and Italy, though above its median and below the medians of Jau-Dignac-et-Loirac and the other early Medieval sample from the Iberian Peninsula.

5.5.2 *Atxuri-I*

In this collection the only complete bone, a femur, which was directly dated (Section 3.5.1) has been studied. The biomechanical parameters of this femur were obtained from the CT-scan, so it was possible to calculate all the parameters. In this work, only the percentage cortical area (%CA) and polar section modulus (Z_p) were compared to other samples.

Due to the uncertainty regarding the sex assessment of the femur (probably female; see section 4.5.2.4), the data were compared to both male and female samples.

The standardised and non-standardised %CA and Z_p results for the mid-shaft or 50% section are summarized in Table 5.6. The data for the remaining parameters and sections are presented in Appendix D (Tables S9 and S10). The five cross-sections are illustrated in Figure 5.14. The database of comparative Upper Palaeolithic, Mesolithic, Neolithic, Bronze Age, Iron Age/Roman Age and Medieval right femora for Iberian Peninsula and France and Italy is summarised in Appendix D (Table S6). The data of Jau-Dignac-et-Loirac sample can be observed in Appendix D (Tables S7, S8, S11 and S12). Due to the lack of comparative data, while only one section is used in the study (50%), in Appendix D (Figure S3) the remaining sections are represented.

The standardisation of the biomechanical parameters has been done by the body mass methodology (see section 4.4.4.1): as the bone of study is the femur, it was possible to estimate the body mass of the individual.

Table 5.6. Raw (non-standardised) and standardised cross-sectional geometric properties on the midshaft section of the left femur of the site of Atxuri-I (label: ATXI.27B.70).

%CA	Z_p (non-standardised)	Z_p (standardised)
77.98	2513.01	1092.77

Estimated stature from this bone = 160.4 cm and estimated body mass = 53.1 kg.

Maximum length of the femur: 433 mm.

Polar section modulus (Z_p) is measured in mm^3

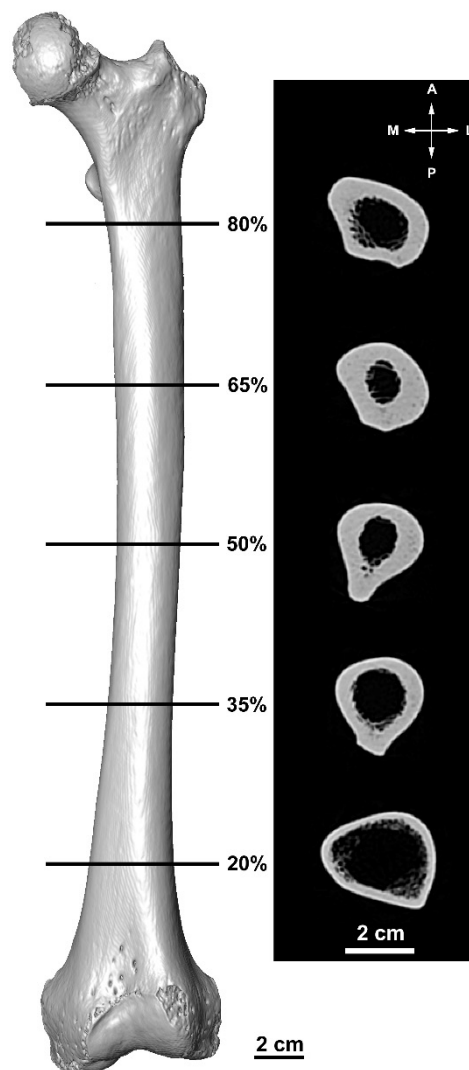


Figura 5.14. Anterior view of the 3D surface model of the femur from Atxuri-I individual (label: ATXI.27B.70). Five sections along the diaphysis of the bone were studied (20%, 35%, 50%, 65% and 80% of biomechanical length measured from the distal end).

Relative cortical area (%CA)

Regarding the male comparative sample, the individual presents a lower value than both Upper Palaeolithic and Mesolithic sample median from France and Italy, but a similar value to the Mesolithic sample from Iberian Peninsula and a higher value than Neolithic sample from France and Italy and the Neolithic individual from Lumentxa.

Furthermore, this individual has a lower %CA value than the median of Bronze Age samples from France and Italy, but similar to the sample from Iberian Peninsula for this chronology. The Atxuri-I individual shows a higher value than the median of the Iron Age/Roman Age sample from France and Italy, and the medieval samples from Jau-Dignac-et-Loirac and from Iberian Peninsula (Figure 5.15).

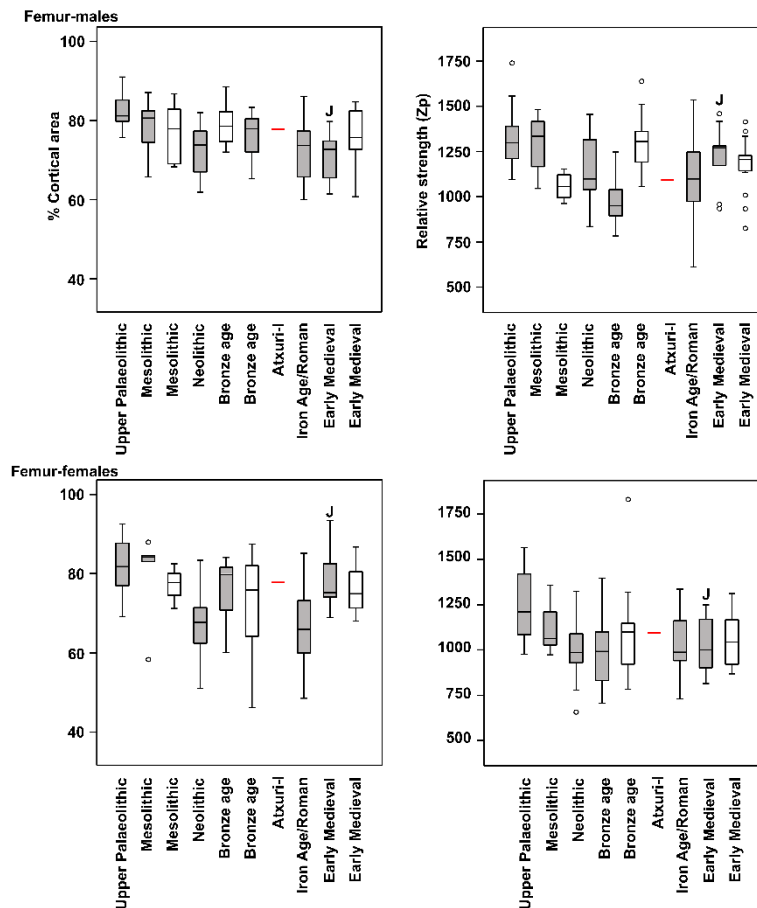


Figura 5.15. Percentage cortical area and polar section modulus of the midshaft section of the Bronze Age Individual from Atxuri-I, compared to male and female samples from Western Europe. Grey boxes: samples from France and Italy (Holt et al., 2018a; white boxes: samples from the Iberian Peninsula (Ruff and Garvin, 2018); red line: Atxuri-I individual; IP: single data from the Iberian Peninsula (Ruff and Garvin, 2018); J: medieval sample from Jau-Dignac-et-Loirac, ascribed to the 7th-8th century.

Compared to the female database, this individual has a lower value than both Upper Palaeolithic and Mesolithic samples from France and Italy, similar to the median of the Mesolithic sample from Iberian Peninsula, similar to comparisons with the male data. This individual surpasses the median of the Neolithic sample from France and Italy and the Bronze Age sample from the Iberian Peninsula, but it is lower than the Bronze Age sample from France and Italy. Finally, the individual has a higher value than the median of the Iron Age/Roman Age sample from France and Italy, and the medieval samples from Jau-Dignac-et-Loirac and from Iberian Peninsula.

Polar section modulus (Z_p)

Compared to the male database, this individual shows a lower value than Upper Palaeolithic and Mesolithic samples from France and Italy, but a higher value than the Mesolithic sample from Iberian Peninsula and the Neolithic sample from France and Italy, but lower than the Neolithic individual from Lumentxa. On the other hand, this individual is higher than the median of Bronze Age sample from France and Italy, but lower than Bronze Age sample from Iberian Peninsula. The result of the individual is similar to the median of the Iron Age/Roman Age sample from France and Italy, but lower than both Jau-Dignac-et-Loirac medieval sample and the Early Medieval sample from Iberian Peninsula (Figure 5.15).

Regarding the female comparative samples, this individual has a lower value than the median of the Upper Palaeolithic sample from France and Italy, but a higher value than Mesolithic samples from the same region. Furthermore, this individual is above the median of both Neolithic and Bronze Age samples from France and Italy, but it has a similar value than the Bronze Age sample from Iberian Peninsula. Finally, the Bronze Age individual has a higher value than the median of the Iron Age/Roman Age sample from France and Italy, Jau-Dignac-et-Loirac medieval sample and Early Medieval sample from Iberian Peninsula.

5.5.3 El Mirador

In the El Mirador collection, the biomechanical parameters of the cross-section of the 50% (i.e., mid-shaft; femora and tibiae) and 35% (humeri) of 22 humeri, 31 femora and 33 tibiae have been studied. In this case, the biomechanical parameters were obtained from the surface scan, therefore, neither the cortical area (CA) nor the percentage cortical area (%CA) could be studied in these samples. In this work, the total area (TA), second polar moment of area (J) and the shape indexes (I_x/I_y and I_{max}/I_{min}) were analysed.

El Mirador skeletons are commingled, and thus the estimation of sex (see section 4.4.5.2) and the association of humeri belonging to the same individual were done independently (i.e., it was not possible to rely on archaeological information as in individual burials). The cross-sectional geometry data were compared to both male and female samples separately as well as pooled sex.

The following results, for both pooled sex samples and sex separated samples, will be treated in different ways. First, a general description of the trends (if present) will be provided, followed by a more detailed comparison of El Mirador sample with Neolithic,

Copper Age and Bronze Age samples, as they are either contemporary (Copper Age) or chronologically close to these periods (i.e., Neolithic, Bronze Age), and finishing with a comparison with the Lumentxa and Atxuri-I individuals, studied earlier.

5.5.3.1 Humeri

The standardised and non-standardised TA and J results, and I_x/I_y data for the mid-distal or 35% section of the humeri are summarized in Table 5.7. In the same table are detailed the Mesolithic, Neolithic, Bronze Age, Iron Age/Roman Age and Medieval comparative sample tibiae from Italy, France, Maltese islands, Romania and Switzerland. The data of the remaining parameters and sections can be observed in Appendix D (Table S13). The standardised data for the humerus of Lumentxa using the same method as in El Mirador are detailed in Appendix D (Table S14).

Standardised Total area (TA)

The standardised total area increased from the Mesolithic to the Neolithic, and then decreased towards the Bronze Age (Figure 5.16). The El Mirador pooled sex sample has a median and mean value, more similar to the Neolithic comparative sample (Parkinson, 2020) than to the contemporary Copper Age sample from France, Italy and Maltese islands.

When divided by sex, both Neolithic male and female samples show a higher median value than the Copper Age samples, especially in the case of males, which results in a decrease in sexual dimorphism (Table 5.7; Figure 5.17). Both El Mirador male and female samples have a median and mean value within the range variation of Neolithic and Copper Age samples. Specifically, males fall between both comparative samples and females get the higher value, being closer to Neolithic female samples. Contrary to the other comparative samples, the female median is slightly higher than the male median, but these differences are not significant ($p = 0.3$). Lastly, the value of Lumentxa Neolithic individual is similar to the Neolithic male sample and higher than but within the range of variation of the El Mirador male sample.

Tabla 5.7. Raw (non-standardised) and standardised cross-sectional geometric properties for the 35% section of the humeri of the site of El Mirador and the comparative samples.

Site/Sample	Sex	TA (non-standardised)	TA (standardised)	J (non-standardised)	J (standardised)	I_x/I_y	Reference
El Mirador	Male (n=13)	279.83 ± 31.44 (238.45-340.57)	975.06 ± 278.16 (829.85-1132.22)	12897.93 ± 3075 (9165.31-19037.42)	7222 ± 2391.95 (5283.47-9844.54)	1.09 ± 0.3 (0.91-1.2)	This work
	Female (n=8)	239.16 ± 42.67 (175.03-288.34)	1043.52 ± 368.78 (914.39-1305.55)	9713.22 ± 3293.46 (5023.59-13875.39)	7991.86 ± 3268.44 (5799.34-11785.51)	1.07 ± 0.43 (0.6-1.47)	This work
	Indeterminate sex (n=1)	293.88	1269.5	13854.48	11409.51	1.15	This work
	Pooled sex (n=22)	265.68 ± 40.02 (175.03-340.57)	1013.34 ± 126.31 (829.85-1305.55)	11783.34 ± 3409.5 (5023.59-19037.42)	7692.29 ± 1852.23 (5283.47-11785.51)	1.08 ± 0.16 (0.6-1.47)	This work
Mesolithic	Pooled sex (n=19)	-	882.74 ± 118.02	-	-	-	Parkinson (2020)
Neolithic	Males (n=45)	-	1085.18 ± 168.05	-	8728.47 ± 2400.23	1.12 ± 0.14	Parkinson (2020)
	Females (n=19)	-	930.42 ± 115.72	-	6169.68 ± 1435.42	1.09 ± 0.14	Parkinson (2020)
	Neolithic N. Italy (n=54)	-	1058.32 ± 164.93	-	8226.92 ± 2426.31	1.13 ± 0.15	Parkinson (2020)
	Neolithic S. Italy (n=17)	-	929.22 ± 142.53	-	6397.6 ± 1860.85	1.08 ± 0.12	Parkinson (2020)
	Neolithic Sardinia (n=17)	-	999.27 ± 117.83	-	7331.35 ± 1755.26	1.13 ± 0.21	Parkinson (2020)
	Pooled sex (n=88)	-	1021.97 ± 159.57	-	-	-	Parkinson (2020)
Lumentxa (Neolithic)	Male (n=1)	329.61	1179.03	17746.72	10452.31	1.24	This work
Copper Age	Males (n=44)	-	925.39 ± 135.79	-	6470.05 ± 1833.66	1.06 ± 0.13	Parkinson (2020)
	Females (n=26)	-	871.15 ± 146.96	-	5634.42 ± 1840.6	1.15 ± 0.17	Parkinson (2020)
	Copper Age C. Italy (n=61)	-	917.9 ± 143.93	-	6335.69 ± 1908.11	1.09 ± 0.16	Parkinson (2020)
	Copper Age Po Valley (n=12)	-	830.82 ± 100.32	-	5141.45 ± 1150.84	1.08 ± 0.12	Parkinson (2020)
	Copper Age Sardinia (n=24)	-	957.48 ± 134.5	-	6814.39 ± 1829.83	1.15 ± 0.18	Parkinson (2020)
	Late Neolithic Malta (n=32)	-	808.5 ± 121.7	-	5114.41 ± 1388.65	1.19 ± 0.13	Parkinson (2020)
	Alpine Beaker (n=24)	-	1016.74 ± 184.44	-	7906.02 ± 2564.16	1.03 ± 0.13	Parkinson (2020)
	Pooled sex (n=88)	-	911.96 ± 158.28	-	-	-	Parkinson (2020)
Bronze Age	Pooled sex (n=64)	-	829.36 ± 134.27	-	-	-	Parkinson (2020)
Roman	Pooled sex (n=25)	-	929.68 ± 183.72	-	-	-	Parkinson (2020)
Medieval	Pooled sex (n=62)	-	858.77 ± 113.21	-	-	-	Parkinson (2020)

TA is measured in mm².

Second moments of area and polar second moment of area (J) are measured in mm⁴.

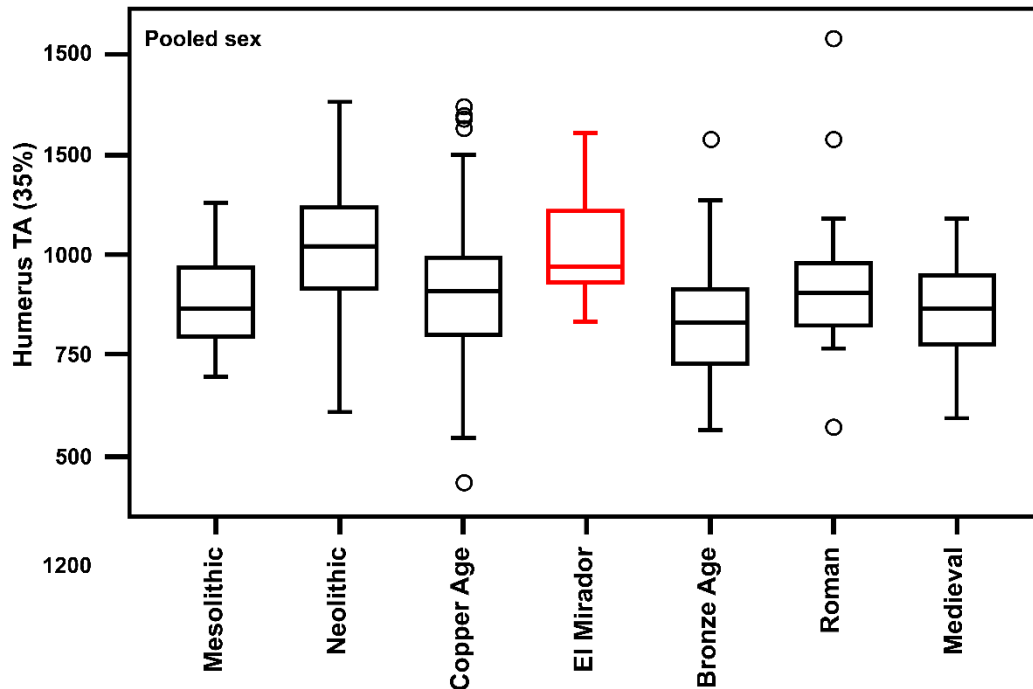


Figure 5.16. Total area (TA) of the mid-distal section of the El Mirador humeri (marked in red), compared to comparative samples of different chronologies from Western and Central Europe (data from Parkinson, 2020). Note that Parkinson's (2020) indeterminate-sex samples were not included in this figure.

Standardised Polar second moment of area (J)

This variable shows a decrease tendency from the Neolithic to the Copper Age samples, which is more accentuated in the case of males (Figure 5.18). In both comparative samples, male samples have a higher median value than females, but differences between sexes are smaller in the Copper Age sample. The El Mirador males fall between the Neolithic and Copper Age male samples, for both median and mean values, but are within the range of variation of both samples (Table 5.7). The El Mirador females, on the other hand, show higher median and mean values than the comparative samples, and smaller overlap. Contrary to the other comparative samples, the female median is slightly higher than the male median for El Mirador sample, but these differences are non-significant ($p = 0.4$).

The Lumentxa Neolithic individual has a high value, surpassing all comparative and El Mirador male samples, falling within the range of variation of only Neolithic male comparative sample (Table 5.7).

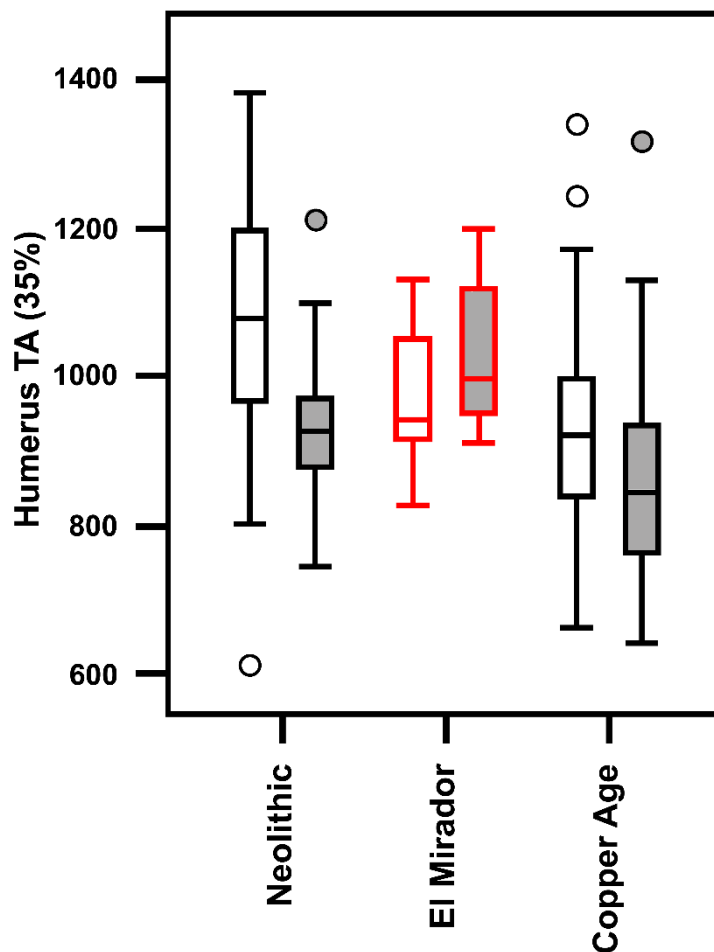


Figure 5.17. Total area (TA) of the mid-distal section of the El Mirador humeri (marked in red), compared to Neolithic and Copper Age samples from Western and Central Europe (data from Parkinson, 2020). White boxes: male samples; grey boxes: female samples.

Shape index (I_x/I_y)

The shape index value is similar between Neolithic and Copper Age samples, and between sexes (Table 5.7; Figure 5.19). El Mirador male and female samples have a similar median and mean value than their respective comparative samples, where their results are inside the range of variation of comparative samples. Furthermore, El Mirador sex-specific samples are not significantly different between them for this variable ($p = 0.7$). Lastly, the Neolithic individual from Lumentxa shows the highest value for this variable, but it is inside the range of variation of all samples (Table 5.7).

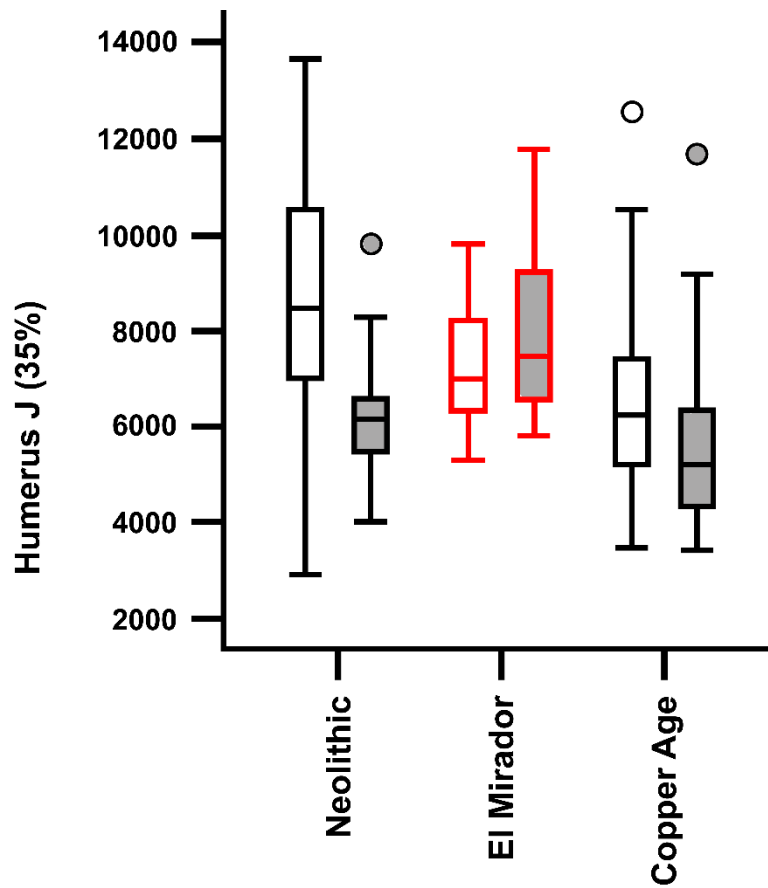


Figure 5.18. Polar second moment of area (J) of the mid-distal section of the El Mirador humeri (marked in red), compared to Neolithic and Copper Age samples from Western and Central Europe (data from Parkinson, 2020) by sex (white boxes: male samples; grey boxes: female samples).

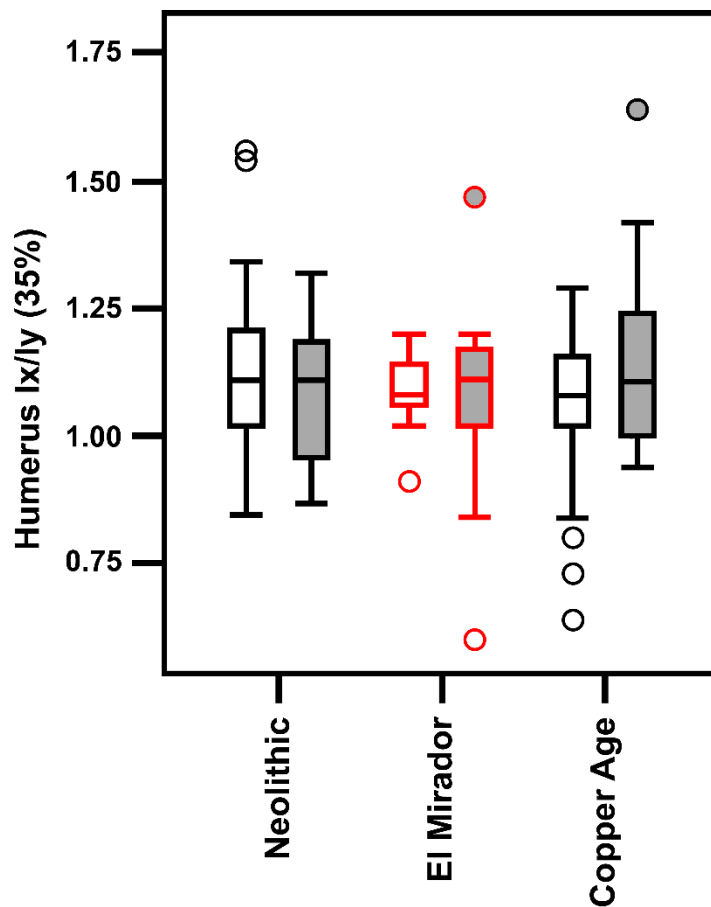


Figure 5.19. Shape index (I_x/I_y) of the mid-distal section of the El Mirador humeri (marked in red), compared to Neolithic and Copper Age samples from Western and Central Europe (data from Parkinson, 2020) by sex (white boxes: male samples; grey boxes: female samples).

5.5.3.2 Femora

The results of the standardised and non-standardised TA and J and the I_{\max}/I_{\min} ratio for the midshaft (i.e., 50% section) of the El Mirador femora are detailed in Table 5.8. In the same table are summarized the Mesolithic, Neolithic, Bronze Age, Iron Age/Roman Age and Medieval comparative sample femora from Italy, France, Maltese islands, Romania and Switzerland. The data of the remaining parameters and sections can be found in Appendix D (Table S15).

Standardised Total area (TA)

The mean and median value of the total area decreases from the Mesolithic until the Bronze Age, and finally increases again during the most recent periods, especially the Roman period (Figure 5.20). The El Mirador pooled sex sample shows similar values to both Neolithic and Copper Age comparative samples, and greater on average than the Bronze Age comparative sample (Table 5.8).

When sex is taken into account, we observe the same trend through out time. However, the greatest difference between sexes can be observed in the Mesolithic and Neolithic samples, while in Copper Age and Bronze Age the difference between sexes is smaller. El Mirador male and female samples are more similar to the Copper Age comparative sample. Furthermore, the differences between sexes in the El Mirador sample are not significant ($p = 0.5$).

Finally, the Lumentxa individual has a higher value than El Mirador male mean, but it is within its range of variation. On the other hand, the Atxuri-I individual is close to the mean of the El Mirador females (Table 5.8).

Tabla 5.8. Raw (non-standardised) and standardised cross-sectional geometric properties for the 50% section of the femora of the site of El Mirador and the comparative samples.

Site/Sample	Sex	TA (non-standardised)	TA (standardised)	J (non-standardised)	J (standardised)	I_{max}/I_{min}	Reference
El Mirador	Male (n=12)	533.39 ± 56.12 (473.12-670.26)	863.59 ± 249.54 (734.78-996.96)	47400.3 ± 10776.65 (36469.91-74460.46)	4041.75 ± 1322.87 (3231.31-5493.76)	1.35 ± 0.41 (1.02-1.58)	This work
	Female (n=19)	454.94 ± 58.93 (353.96-568.72)	891.84 ± 223.45 (736.02-1125.51)	34826.48 ± 9264.14 (20407.01-55005.46)	4153.34 ± 1334.21 (2910.09-6686.05)	1.4 ± 0.41 (1.07-2.02)	This work
	Pooled sex (n=31)	485.3 ± 68.9 (353.96-670.26)	880.9 ± 92.69 (734.78-1125.51)	39693.77 ± 11525.54 (20407.01-74460.46)	4110.15 ± 884.06 (2910.09-6686.05)	1.38 ± 0.24 (1.02-2.02)	This work
Mesolithic	Males (n= 19)	-	952.74 ± 89.922	-	-	1.43 ± 0.27	Parkinson (2020)
	Females (n= 6)	-	832.17 ± 73.692	-	-	1.19 ± 0.08	Parkinson (2020)
	Pooled sex (n=22)	-	923.8 ± 99.79	-	-	1.38 ± 0.26	Parkinson (2020)
Neolithic	Males (n=15)	-	905.29 ± 121.059	-	4755.62 ± 1034.24	1.4 ± 0.27	Parkinson (2020)
	Females (n=7)	-	839.02 ± 79.92	-	3908.03 ± 630.99	1.2 ± 0.16	Parkinson (2020)
	Neolithic N. Italy (n=24)	-	879.97 ± 122.41	-	4426.34 ± 1093.2	1.32 ± 0.25	Parkinson (2020)
	Neolithic Sardinia (n=15)	-	850.67 ± 81.59	-	3986.38 ± 573.17	1.28 ± 0.17	Parkinson (2020)
	Pooled sex (n=39)	-	868.41 ± 107.88	-	4257.12 ± 944.14	1.3 ± 0.22	Parkinson (2020)
Lumentxa (Neolithic)	Male (n=1)	559.36	906.87	51932.41	4795.86	1.54	This work
Copper Age	Males (n=23)	-	889.17 ± 84.114	-	3982.75 ± 714.81	1.32 ± 0.2	Parkinson (2020)
	Females (n=13)	-	841.76 ± 89.109	-	3798.53 ± 950.91	1.3 ± 0.15	Parkinson (2020)
	Copper Age C. Italy (n=32)	-	871.75 ± 87.07	-	3947.54 ± 827.837	1.31 ± 0.17	Parkinson (2020)
	Copper Age Po Valley (n=8)	-	864.52 ± 104.74	-	3822.73 ± 648.81	1.36 ± 0.2	Parkinson (2020)
	Late Neolithic Malta (n=31)	-	882.71 ± 108.57	-	4097.71 ± 958.285	1.31 ± 0.18	Parkinson (2020)
	Copper Age Sardinia (n=41)	-	838.27 ± 105.89	-	3818.07 ± 952.685	1.28 ± 0.17	Parkinson (2020)
	Alpine Beaker (n=17)	-	793.12 ± 137.82	-	3716.44 ± 709.658	1.27 ± 0.14	Parkinson (2020)
	Pooled sex (n=114)	-	856.61 ± 107.67	-	3919.19 ± 872.56	1.3 ± 0.17	Parkinson (2020)
Bronze Age	Males (n= 17)	-	782.82 ± 82.496	-	-	1.3 ± 0.15	Parkinson (2020)
	Females (n= 14)	-	738.64 ± 98.108	-	-	1.37 ± 0.28	Parkinson (2020)
	Pooled sex (n=31)	-	762.87 ± 91.11	-	-	1.33 ± 0.22	Parkinson (2020)
Atxuri-I (Bronze Age)	Probable female (n=1)	502.1	945.4	42778.86	4296.13	1.44	This work
Roman	Pooled sex (n=34)	-	907.23 ± 118.55	-	-	1.30 ± 0.16	Parkinson (2020)
Medieval	Pooled sex (n=41)	-	867.15 ± 103.42	-	-	1.33 ± 0.19	Parkinson (2020)

TA is measured in mm².

Second moments of area and polar second moment of area (J) are measured in mm⁴.

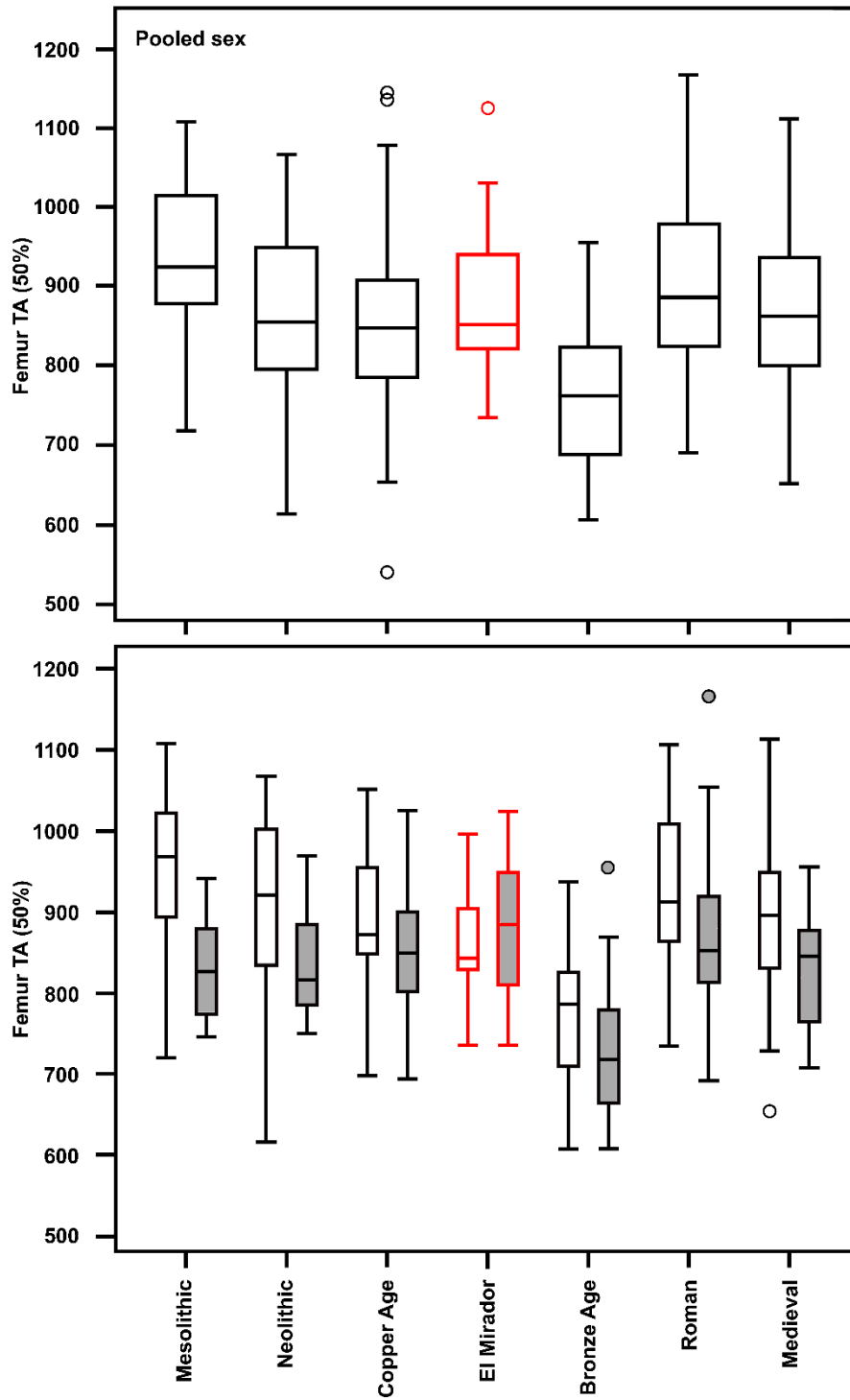


Figure 5.20. Total area (TA) of the midshaft section of the El Mirador femora (marked in red), compared to comparative samples of different chronologies from Western and Central Europe (data from Parkinson, 2020). Upper figure refers to pooled-sex samples, while the lower figure corresponds samples by sex (white boxes: male samples; grey boxes: female samples). Note that Parkinson's (2020) indeterminate-sex samples were not included in this figure.

Standardised Polar second moment of area (J)

A reduction between Neolithic and Copper Age male samples has been observed for the polar second moment of area. However, the female samples from these two chronologies show similar values, being sexual dimorphism in this variable higher in Neolithic than in the Copper Age (Table 5.8; Figure 5.21). There are not significant differences between El Mirador male and female samples ($p = 1.0$). El Mirador sample is more similar to the Copper Age comparative sample.

On the other hand, the Atxuri-I Bronze Age individual is more similar to the El Mirador, while Lumentxa Neolithic individual shows a higher value than El Mirador males (Table 5.8).

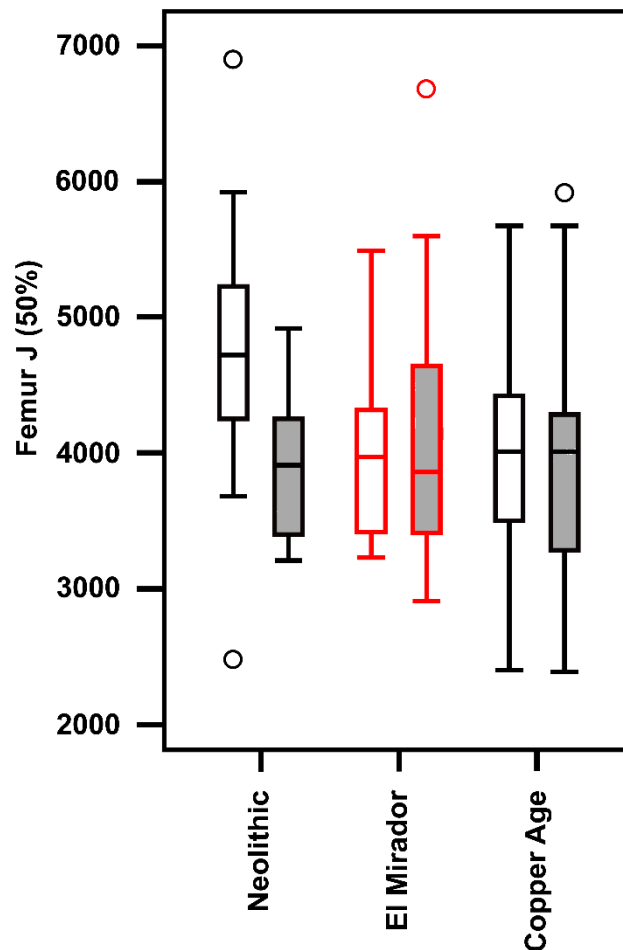


Figure 5.21. Polar second moment of area (J) of the midshaft section of the El Mirador femora (marked in red), compared to Neolithic and Copper Age samples from Western and Central Europe (data from Parkinson, 2020) by sex (white boxes: male samples; grey boxes: female samples).

Shape index (I_{\max}/I_{\min})

When the sexes are pooled, there seems to be a lot of overlapping and the El Mirador pooled sex sample fits within the Recent Prehistory results though it shows a slightly larger median value (Figure 5.22).

When sex is taken into consideration, the greatest differences between sexes are found in the Mesolithic. Afterwards, sexual dimorphism decreases, being absent for this parameter during the Copper Age and Bronze Age (Figure 5.22).

El Mirador male and female samples do not show significant differences between sexes in this variable ($p=1.0$), being similar to the Copper Age and Bronze Age samples (Table 5.8). Lastly, it is noteworthy that both Lumentxa Neolithic and Atxuri-I Bronze Age individuals have a greater value for this variable than El Mirador sex-specific samples, but both fall inside the range of variation of El Mirador male and female samples respectively.

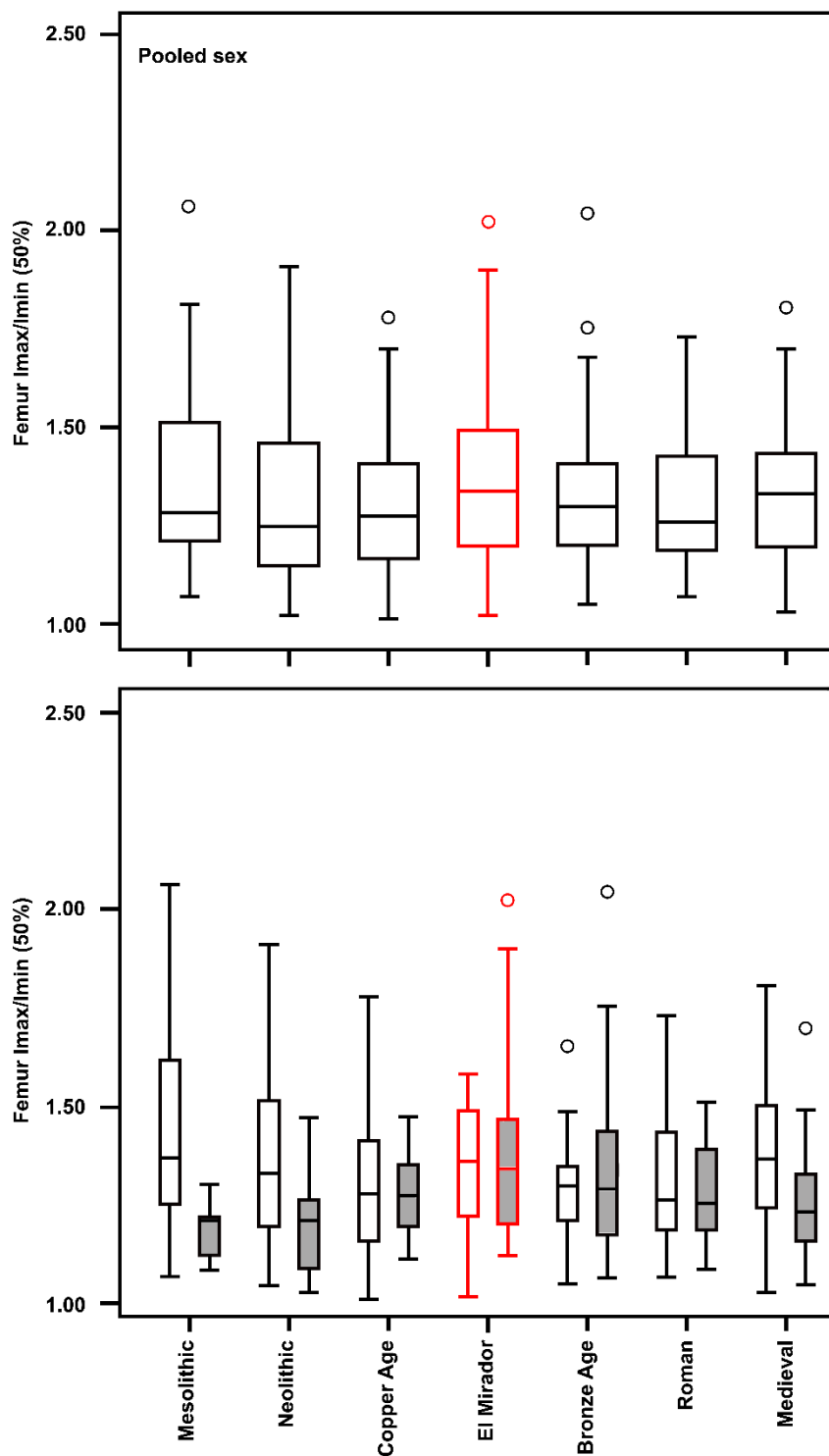


Figure 5.22. Shape index (I_{\max}/I_{\min}) of the midshaft section of the El Mirador femora (marked in red), compared to comparative samples of different chronologies from Western and Central Europe (data from Parkinson, 2020). Upper figure refers to pooled-sex samples, while the lower figure corresponds to samples by sex (white boxes: male samples; grey boxes: female samples). Note that Parkinson's (2020) indeterminate-sex samples were not included in this figure.

5.5.3.3 Tibiae

The results of the standardised and non-standardised TA and J, and I_{\max}/I_{\min} ratio for the midshaft (50% section) of the El Mirador tibiae are detailed in Table 5.9. In the same table are summarized the Mesolithic, Neolithic, Bronze Age, Iron Age/Roman Age and Medieval comparative sample of tibiae from Italy, France, Maltese islands, Romania and Switzerland. The data of the remaining parameters and sections can be observed in Appendix D (Table S16).

Standardised Total area (TA)

The mean and median value of this variable decreased from the Mesolithic to the Bronze Age. El Mirador pooled sample has the lowest mean value of all samples and a median similar to the comparative Bronze Age sample, and thus below the comparative Copper Age sample (Table 5.9; Figure 5.23).

When the sex is taken into account, the standardised total area also follows the same pattern. All the Recent Prehistoric samples show a marked sexual dimorphism, also present in El Mirador males and females (being significant; $p = 0.0001$), and the largest sex differences between in means can be found in the comparative Bronze Age sample.

Standardised Polar second moment of area (J)

The polar second moment of area presents a decrease from the Neolithic to the Copper Age comparative samples, where the male median and mean values are higher in both periods than the female values (Table 5.9; Figure 5.24). The El Mirador pattern is more similar to the Copper Age comparative sample than the Neolithic comparative sample. Lastly, El Mirador male samples are significantly more robust than female samples ($p = 0.0005$).

Tabla 5.9. Raw (non-standardised) and standardised cross-sectional geometric properties for the 50% section of the tibiae of the site of El Mirador and the comparative samples.

Site/Sample	Sex	TA (non-standardised)	TA (standardised)	J (non-standardised)	J (standardised)	I_{max}/I_{min}	Reference
El Mirador	Male (n=12)	462.2 ± 45.16 (403.34-544.99)	676.06 ± 51.9 (617.55-792.45)	41049.52 ± 8049.68 (28480.23-55535.41)	4683.98 ± 567.29 (3666.81-6031.12)	2.73 ± 0.51 (1.78-3.65)	This work
	Female (n=17)	341.69 ± 54.74 (266.66-464.24)	554.05 ± 65.4 (466.52-676.34)	22195.19 ± 7632.63 (13474.33-39066.43)	3476.9 ± 913.72 (2321.06-5317.04)	2.61 ± 0.53 (1.53-3.48)	This work
	Indeterminate sex (n=4)	402.89 ± 43.7 (367.7-466.02)	592.69 ± 15.57 (576.9-613.65)	31005.38 ± 6761.75 (26697.99-41038.81)	3850.2 ± 291.64 (3514.66-4042.71)	2.86 ± 0.43 (2.44-3.46)	This work
	Pooled sex (n=33)	411.19 ± 73.7 (266.66-544.99)	621.58 ± 78.94 (466.52-792.45)	32975.93 ± 11636.53 (13474.33-55535.41)	4153.16 ± 899.04 (2321.06-6031.12)	2.7 ± 0.5 (1.53-3.65)	This work
Mesolithic	Males (n= 14)	-	834.21 ± 81.59	-	-	2.48 ± 0.55	Parkinson (2020)
	Females (n= 3)	-	658.33 ± 46.18	-	-	1.97 ± 0.6	Parkinson (2020)
	Pooled sex (n=17)	-	803.18 ± 102.24	-	-	2.38 ± 0.58	Parkinson (2020)
Neolithic	Males (n=23)	-	807.61 ± 101.58 (n=23)	-	5563.12 ± 1181.41 (n=18)	2.53 ± 0.42 (n=23)	Parkinson (2020)
	Females (n=6)	-	708.82 ± 50.48	-	4311.67 ± 501.65	2.37 ± 0.39	Parkinson (2020)
	Neolithic N. Italy (n=27)	-	759.84 ± 108.63	-	5073.02 ± 1238.63	2.45 ± 0.41	Parkinson (2020)
	Neolithic S. Italy (n=9)	-	783.13 ± 107.83	-	5251.66 ± 1617.23	2.5 ± 0.4	Parkinson (2020)
	Neolithic Sardinia (n=15)	-	775.54 ± 144.98	-	4631.07 ± 1136.22	2.04 ± 0.26	Parkinson (2020)
	Pooled sex (n=51)	-	768.43 ± 117.61	-	4974.56 ± 1277.57	2.34 ± 0.41	Parkinson (2020)
Copper Age	Males (n=21)	-	757.84 ± 75.05	-	4646.56 ± 947.14	2.34 ± 0.42	Parkinson (2020)
	Females (n=13)	-	660.07 ± 72.16	-	3719.55 ± 759.68	2.58 ± 0.39	Parkinson (2020)
	Copper Age C. Italy (n=32)	-	717.48 ± 90.25	-	4264.15 ± 1039.62	2.43 ± 0.44	Parkinson (2020)
	Copper Age Po Valley (n=5)	-	682.58 ± 83	-	3964.58 ± 757.18	2.58 ± 0.36	Parkinson (2020)
	Late Neolithic Malta (n=27)	-	713.1 ± 106.42	-	4419.8 ± 939.52	2.29 ± 0.52	Parkinson (2020)
	Copper Age Sardinia (n=27)	-	730.68 ± 106.3	-	4979.73 ± 1176.03	2.41 ± 0.39	Parkinson (2020)
	Alpine Beaker (n=13)	-	729.37 ± 100.81	-	4774.81 ± 1111.13	2.02 ± 0.28	Parkinson (2020)
	Pooled sex (n=104)	-	719.58 ± 98.68	-	4539.76 ± 1079.11	2.34 ± 0.44	Parkinson (2020)
Bronze Age	Males (n= 15)	-	708.93 ± 85.01	-	-	2.51 ± 0.38	Parkinson (2020)
	Females (n= 15)	-	576.93 ± 67.16	-	-	2.34 ± 0.65	Parkinson (2020)
	Pooled sex (n=30)	-	642.93 ± 100.86	-	-	2.43 ± 0.53	Parkinson (2020)
Roman	Pooled sex (n=30)	-	728.47 ± 129.22	-	-	2.16 ± 0.51	Parkinson (2020)
Medieval	Pooled sex (n=38)	-	674.05 ± 108.29	-	-	2.03 ± 0.43	Parkinson (2020)

TA is measured in mm².

Second moments of area and polar second moment of area (J) are measured in mm⁴.

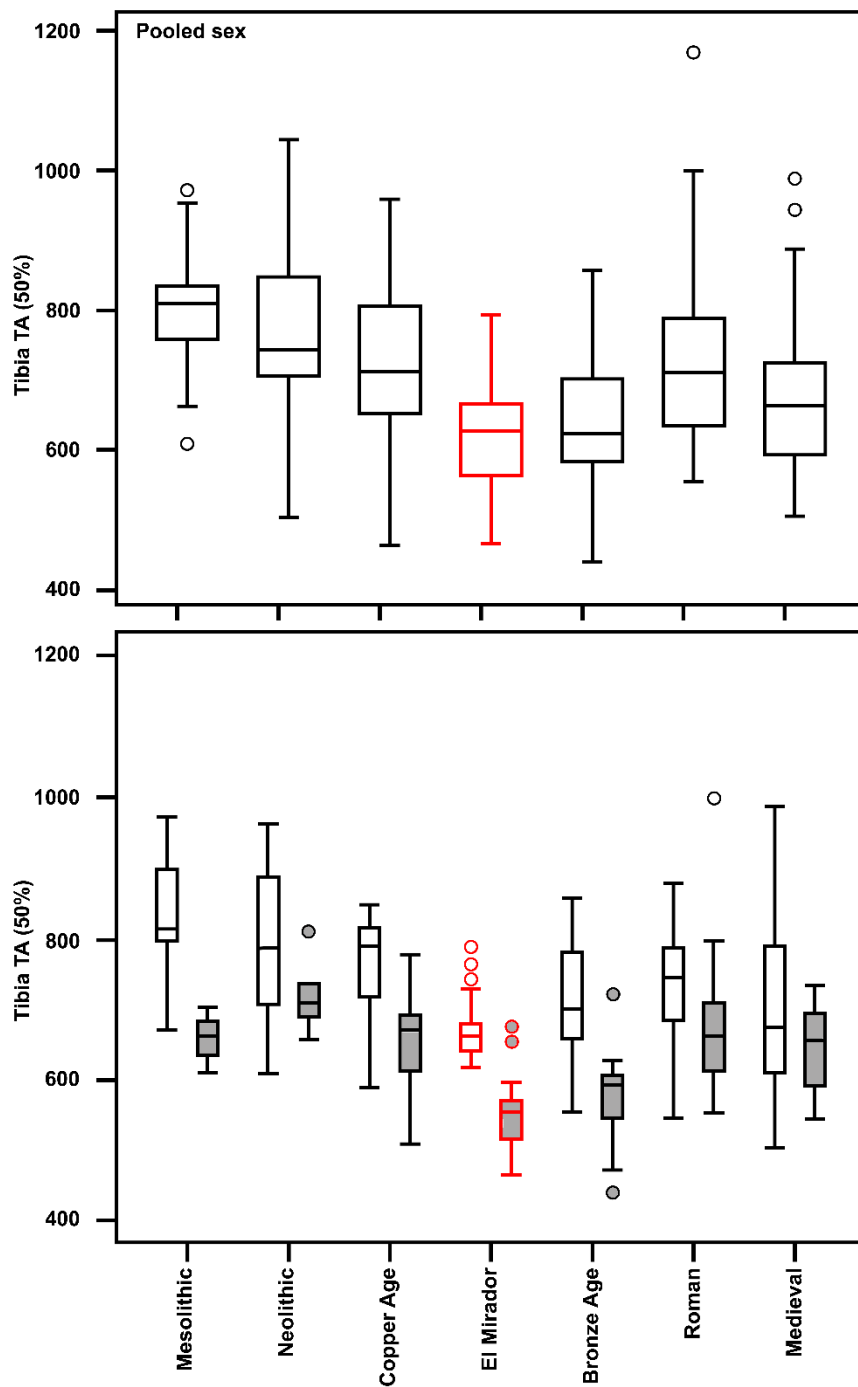


Figure 5.23. Total area (TA) of the midshaft section of the El Mirador tibiae (marked in red), compared to comparative samples of different chronologies from Western and Central Europe (data from Parkinson, 2020). Upper figure refers to pooled-sex samples, while the lower figure corresponds samples by sex (white boxes: male samples; grey boxes: female samples). Note that Parkinson's (2020) indeterminate-sex samples were not included in this figure.

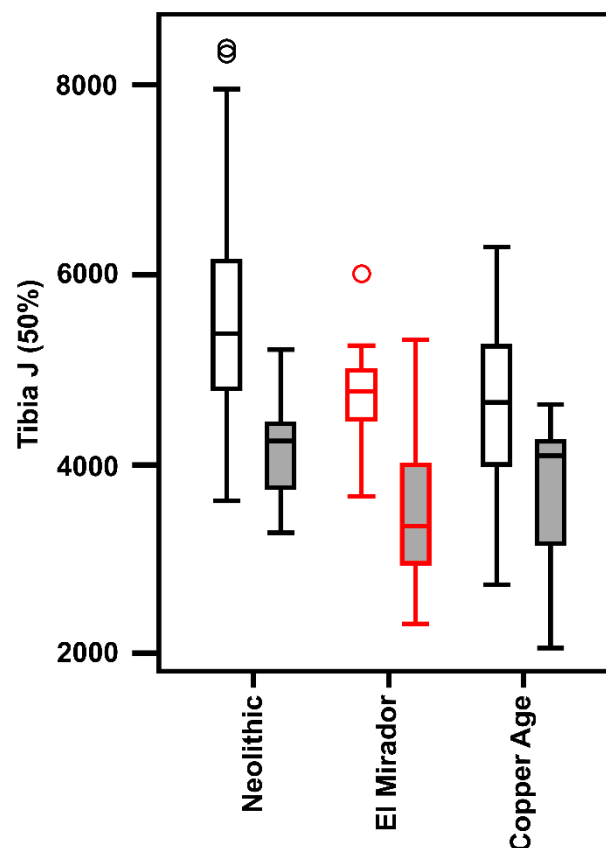


Figure 5.24. Polar second moment of area (J) of the midshaft section of the El Mirador tibiae (marked in red), compared to Neolithic and Copper Age samples from Western and Central Europe (data from Parkinson, 2020) by sex (white boxes: male samples; grey boxes: female samples).

Shape index (I_{\max}/I_{\min})

The tendency for this variable has remained mostly the same during the Recent Prehistoric periods, with the Bronze Age sample having the highest median index value, until it decreased during the modern periods (Table 5.9; Figure 5.25). El Mirador pooled sample has a higher value than Copper Age comparative sample, being more similar to the Bronze Age sample.

When sex is taken into consideration, there is no clear temporal trend (Figure 5.25). The higher value of Copper Age female samples compared to older samples is noteworthy, while the male mean values are higher than the female values. El Mirador male sample has a similar median and mean values to the Upper Palaeolithic male sample, having a higher index than other Recent Prehistoric samples, but which falls within their range. El Mirador female sample is close to Copper Age female sample, to both median and mean values, and it falls inside the range of variation of Mesolithic, Copper Age and

Bronze Age samples. Moreover, there are no significant differences between El Mirador male and female samples ($p = 0.7$).

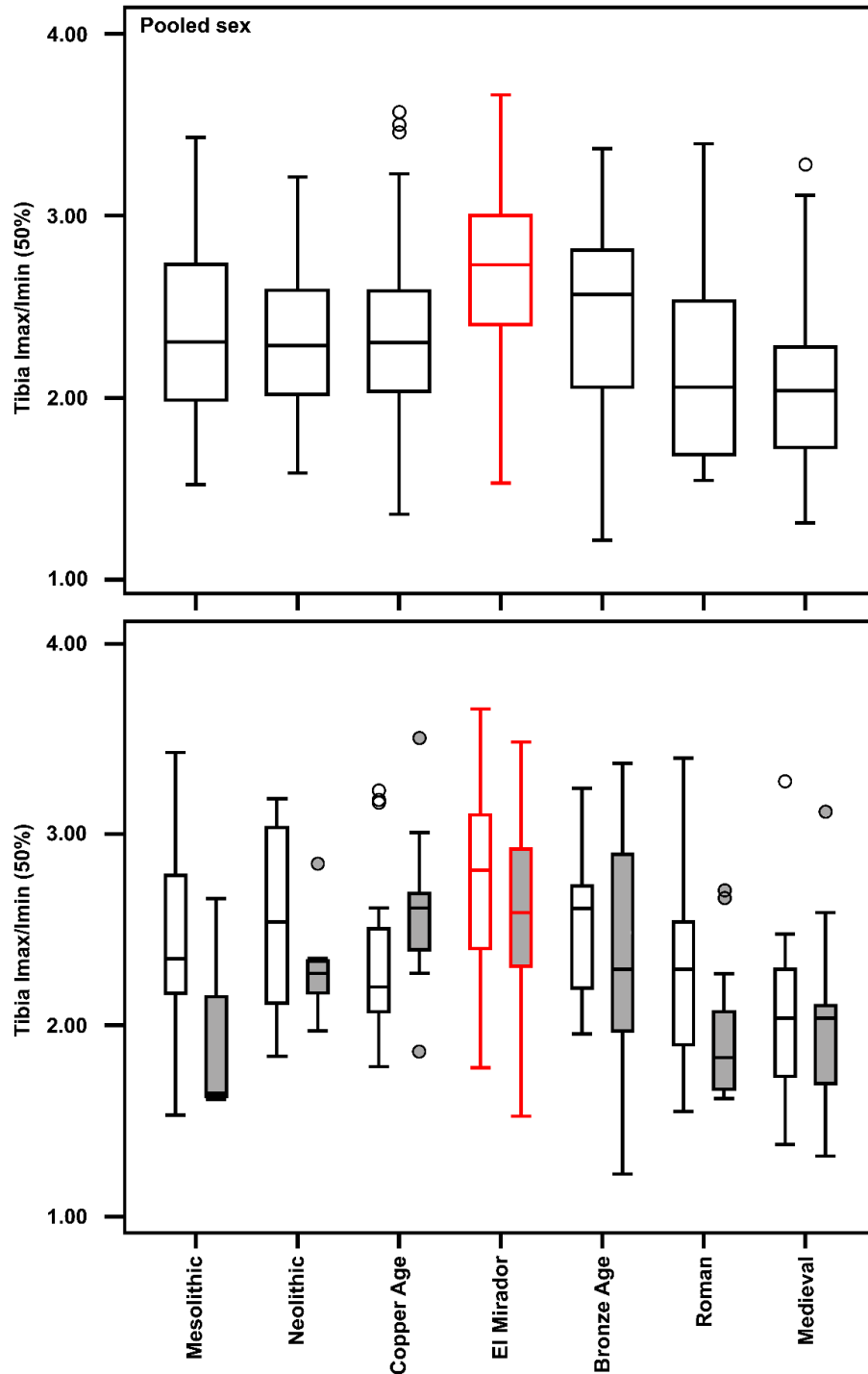


Figure 5.25. Shape index (I_{\max}/I_{\min}) of the midshaft section of the El Mirador tibiae (marked in red), compared to comparative samples of different chronologies from Western and Central Europe (data from Parkinson, 2020). Upper figure refers to pooled-sex samples, while the lower figure corresponds to samples by sex (white boxes: male samples; grey boxes: female samples). Note that Parkinson's (2020) indeterminate-sex samples were not included in this figure.

5.5.3.4 Preliminary assessment of the humeral asymmetry

Due to the commingling of the El Mirador sample, two complementary strategies were followed:

1. to provide an overall assessment of the asymmetry per sex, using the mean values
2. to associate humeri of different sides belonging to the same individual, in order to test for potential asymmetries

For this latter purpose, the maximum length and the proximal and distal width of the epiphyses were used (Table 5.10; Figures 5.26, 5.27 and 5.28) after the visual inspection of three different bivariate plots. In those bivariate plots, the elements from different sides that plotted more closely (or overlapped) were selected.

Table 5.10. Study of the association of the humeri from the El Mirador collection.

N°	Label	Side	Sex	V1	V2	V3	Association using V1 and V2	Association using V1 and V3	Association using V2 and V3
				Maximum length	Distal articular width	Proximal width			
1	2010- MIR201- REM- n°548	R	M	316.5	59.3	48.0		13	
2	2013- MIR202- P38- n°1	R	M	292.0	61.6	52.0			
3	2010- MIR203- T35- n°9	R	M	286.0	59.2	43.7			9
4	2013- MIR202- 038- n°29	R	M	326.5	60.3	51.7			
5	2013- MIR202- P38- n°3	R	M	307.0	61.0	52.4	11		
6	2011- MIR203- S36- n°75	R	M	313.0	59.9	51.9			
7	2013- MIR203- R36- n°413	R	M	311.0	62.3	50.6	12	12	12/13
8	2015- MIR203- Q37- n°58	R	M	316.0	60.9	46.5			
9	2009- MIR201- n°3	L	M	296.5	59.5	44.0			3
10	2012- MIR201- Q36- n°111	L	M	294.0	58.7	-			
11	2012- MIR203- R37- n°2	L	M	302.5	62.1	50.5	5		
12	2011- MIR203- S36- n°73	L	M	311.0	61.8	50.3	7	7	7
13	2013- MIR203- R36- n°401	L	M	310.0	63.7	48.6		1	7
14	2011- MIR203- S36- n°135	R	F	301.0	54.5	47.8	18	18	17/18
15	2009- MIR201- n°11	R	F	289.0	55.0	47.1	17/19	17	17/18
16	2012- MIR201- P36- n°71 + 2013- MIR203- Q37- n°47	R	F	267.5	49.4	41.9	21	20/21	21
17	2013- MIR201- Q38- n°8	L	F	293.0	54.9	47.2	15	15	14/15
18	2013- MIR202- P39- n°1	L	F	295.5	55.5	48.3	14	14	14/15
19	2011- MIR203- R36- n°251	L	F	291.0	55.4	44.6	15		
20	2012- MIR203- R37- n°66	L	F	265.0	52.7	41.5		16	
21	2016- MIR202- O36- n°88	L	F	266.5	50.2	41.2	16	16	16

R= right; L= left.

M=male; F= female.

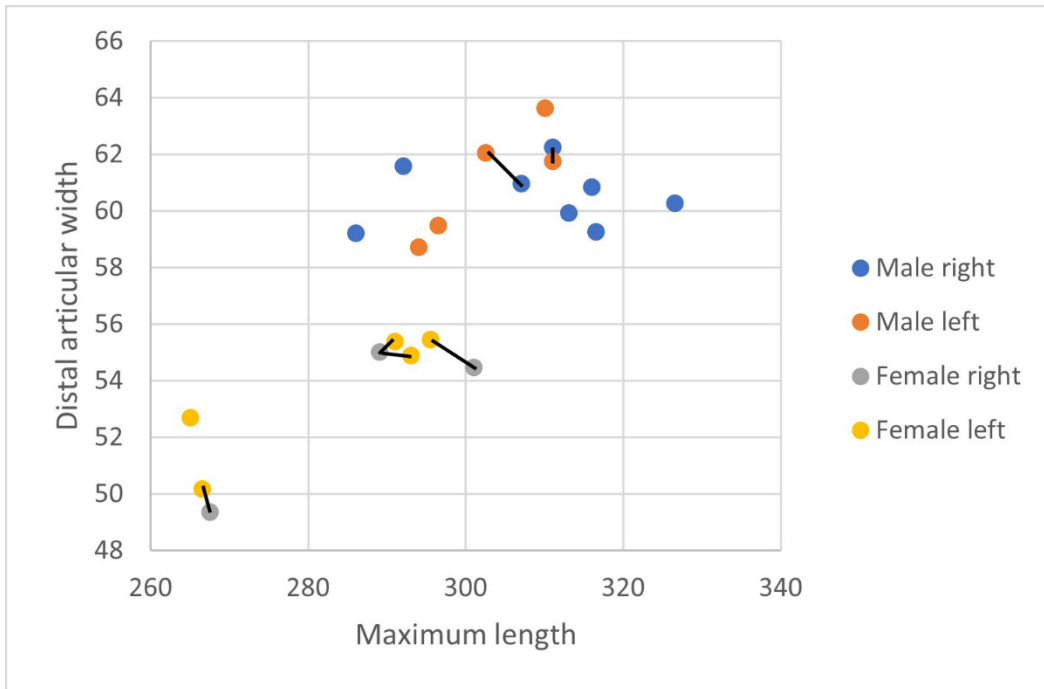


Figure 5.26. Bivariate plot of maximum length and distal articular width measurements for each humerus for El Mirador collection, by sex and side.

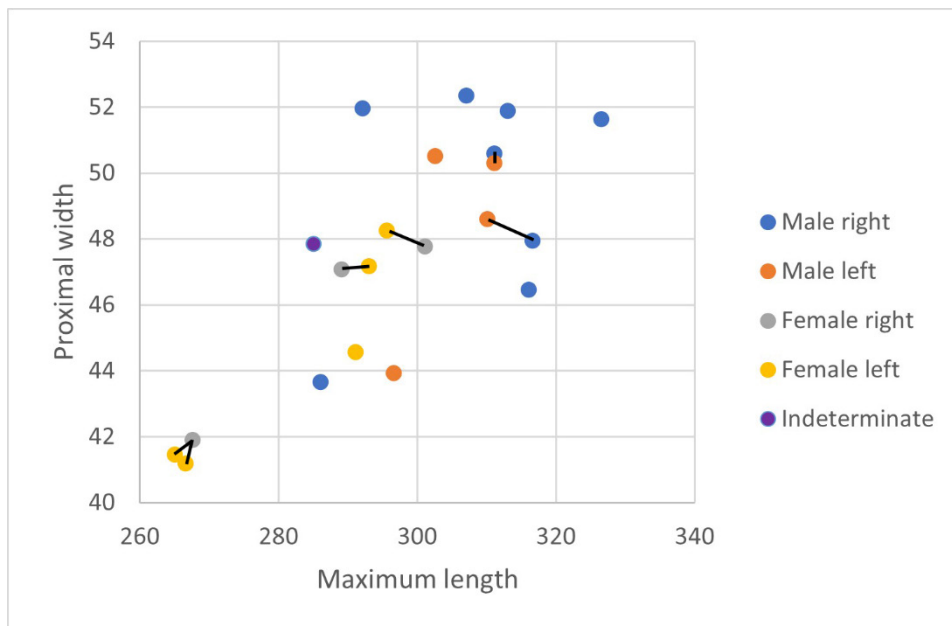


Figure 5.27. Bivariate plot of maximum length and proximal width measurements for each humerus for El Mirador collection, by sex and side.

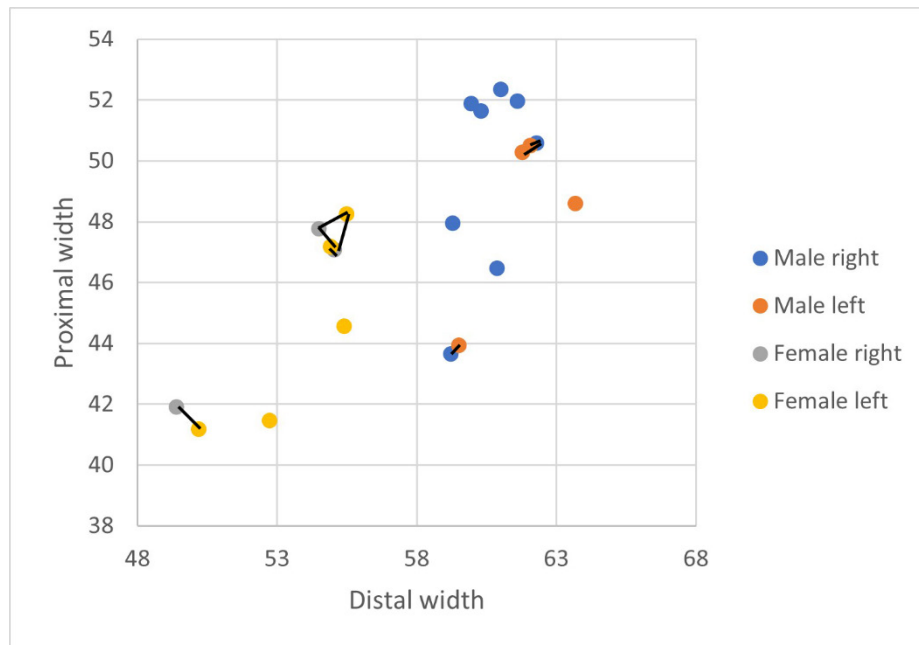


Figure 5.28. Bivariate plot of distal articular width and proximal width measurements for each humerus for El Mirador collection, by sex and side.

Nevertheless, it was possible to associate only a small number of humeri: two male and three female individuals (Table 5.11). Thus, the results should be regarded with caution.

Table 5.11. Most probable associations of the humeri from El Mirador collection.

Nº	Label	Side	Sex
3	2010- MIR203- T35- nº9	R	M
9	2009- MIR201- nº3	L	
7	2013- MIR203- R36- nº413	R	M
12	2011- MIR203- S36- nº73	L	
14	2011- MIR203- S36- nº135	R	F
18	2013- MIR202- P39- nº1	L	
15	2009- MIR201- nº11	R	F
17	2013- MIR201- Q38- nº8	L	
16	2012- MIR201- P36- nº71 + 2013- MIR203- Q37- nº47	R	F
21	2016- MIR202- O36- nº88	L	

R= right; L= left.
M=male; F= female.

Moreover, to try to check if these associations were reliable, the morphology of each pair was assessed.

In the first potential association, formed by humeri 3 and 9, there are similarities between the distal epiphyses of both humeri: in the anterior view, the lateral epicondyle, the trochlea, the capitulum and radial and coronoid fossa are very similar in both cases, as well as the medial epicondyle and the olecranon fossa in the posterior view. However, the borders of the trochlea in posterior view are more defined in the left humerus (Figure 5.29). In the case of the proximal epiphyses, both humeri are similar in the humeral head and greater tubercle (Figure 5.29). Then, it looks like both greater and lesser tubercles in anterior and posterior view are similar in both humeri. Therefore, it can be assumed that this association is reliable.

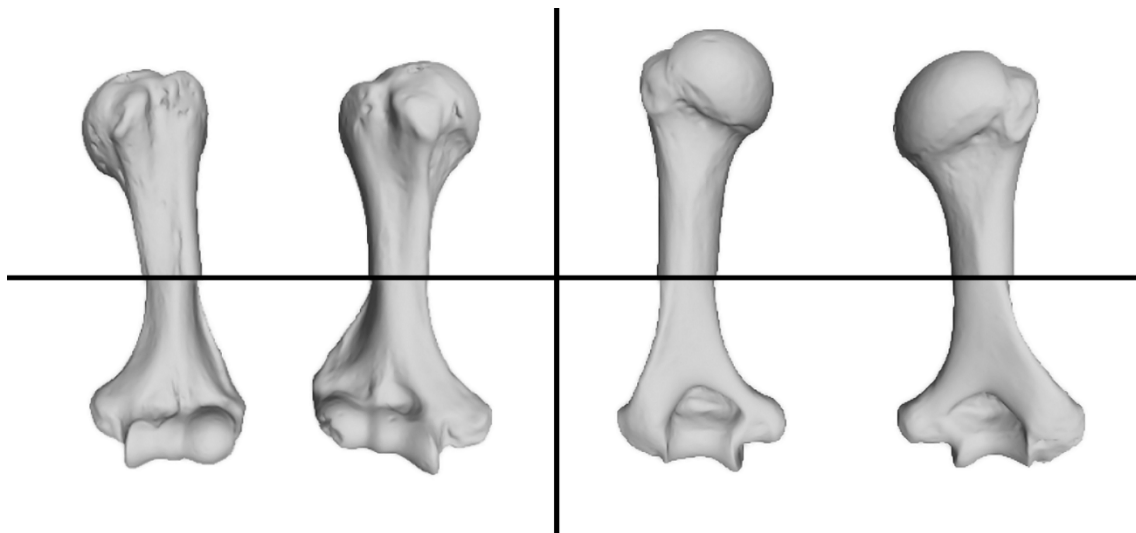


Figure 5.29. From left to right: Anterior view of the proximal epiphysis of humeri 3 and 9; Posterior view of the proximal epiphysis of humeri 3 and 9; Anterior view of the distal epiphysis of humeri 3 and 9; Posterior view of the distal epiphysis of humeri 3 and 9.

The second potential association is comprised by humeri 7 and 12. The distal epiphyses show differences in both humeri in anterior and posterior views: in anterior view, medial and lateral epicondyles have different shapes in both cases, as well as in radial and coronoid fossa (Figure 5.30); in the posterior view, the olecranon fossa has different shape and is deeper in the left humerus, and the borders of both trochleae are different. Regarding the proximal epiphyses, both greater and lesser tubercles in both views look stronger in the left humerus (Figure 5.30). For that reason, it is complicated to consider this association reliable.

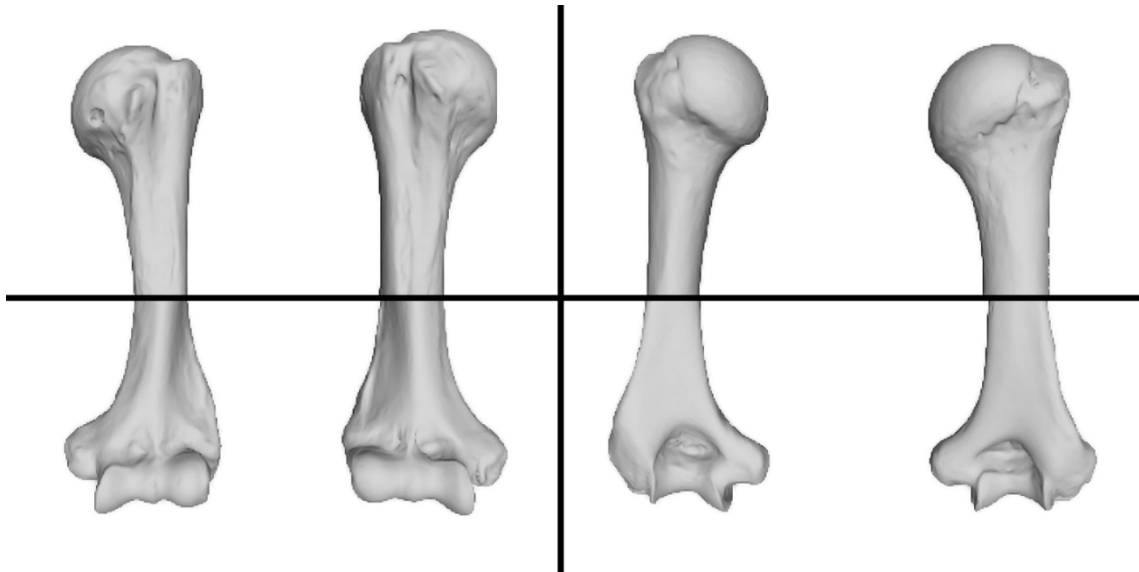


Figure 5.30. From left to right: Anterior view of the proximal epiphysis of humeri 7 and 12; Posterior view of the proximal epiphysis of humeri 7 and 12; Anterior view of the distal epiphysis of humeri 7 and 12; Posterior view of the distal epiphysis of humeri 7 and 12.

The third potential association is formed by humeri 14 and 18. In the distal epiphyses there are several differences between the humeri: in posterior view, for example, both medial epicondyles have different shapes and the left humerus has a wider olecranon fossa (Figure 5.31); in anterior view, the lateral epicondyles and radial and coronoid fossa are deeper in the left humerus, and the trochlea and capitulum are bigger in the same humerus. In the case of the proximal epiphyses, the greater and lesser tubercles in both views are more robust in the left humerus (Figure 5.31). Therefore, this association cannot be considered reliable.

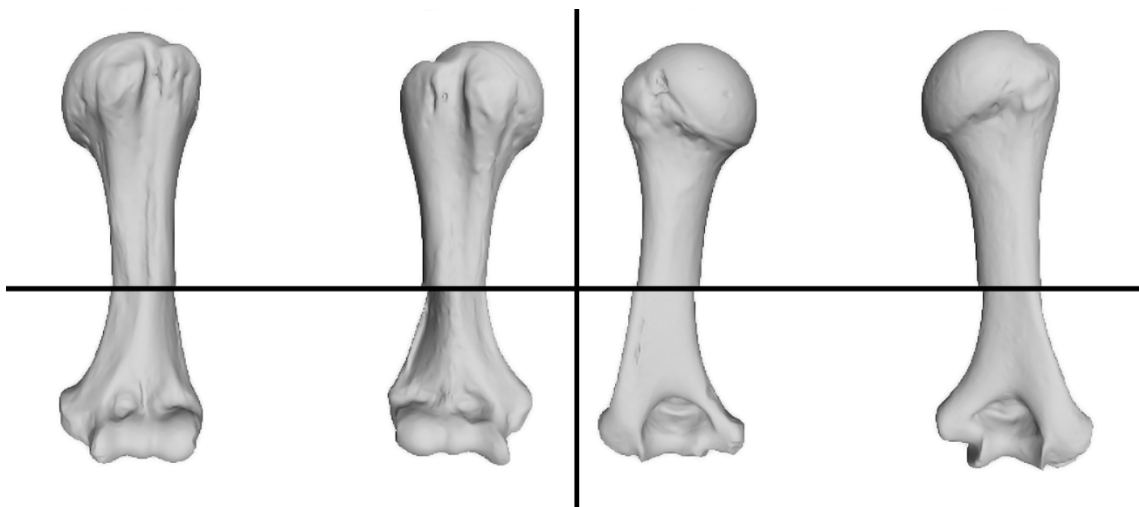


Figure 5.31. From left to right: Anterior view of the proximal epiphysis of humeri 14 and 18; Posterior view of the proximal epiphysis of humeri 14 and 18; Anterior view of the distal epiphysis of humeri 14 and 18; Posterior view of the distal epiphysis of humeri 14 and 18.

The fourth potential association is comprised by humeri 15 and 17. In the posterior view of the distal epiphyses, the medial and lateral epicondyles and the olecranon fossa have different shapes (Figure 5.32), while in the anterior view the radial and coronoid fossa are deeper in the left humerus, and both trochlea and capitulum are more robust in the same humerus. In the proximal epiphysis, both greater and lesser tubercles in both views have different shapes and look stronger in the left humerus (Figure 5.32). For that reason, this association is not considered reliable.

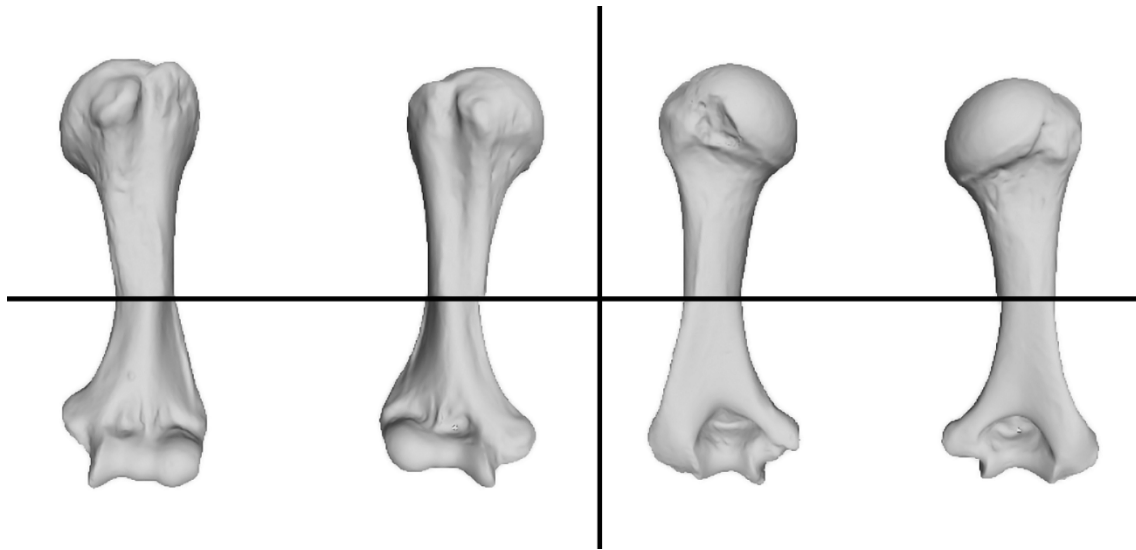


Figure 5.32. From left to right: Anterior view of the proximal epiphysis of humeri 15 and 17; Posterior view of the proximal epiphysis of humeri 15 and 17; Anterior view of the distal epiphysis of humeri 15 and 17; Posterior view of the distal epiphysis of humeri 15 and 17.

The last potential association is comprised by humeri 16 and 21. In the posterior view of the distal epiphyses, the olecranon fossa, the trochlea and medial and lateral epicondyles have a similar shape in both humeri (Figure 5.33), while in the anterior view similarities can be observed in the trochlea, capitulum and radial and coronoid fossa. In the proximal epiphysis, even if the humeral heads look similar, the greater and lesser tubercles look more robust in the left humerus (Figure 5.33). Nevertheless, this association can be considered reliable.

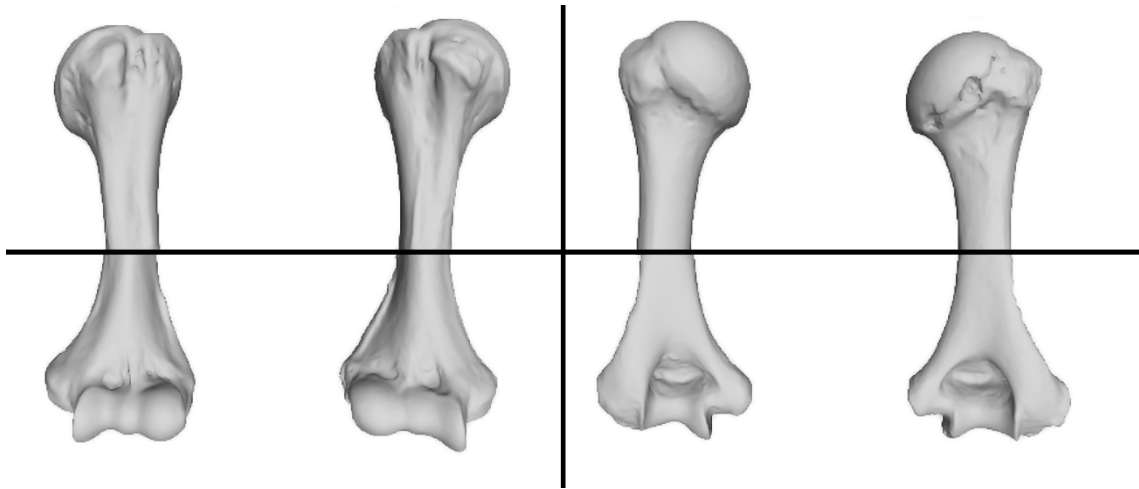


Figure 5.33. From left to right: Anterior view of the proximal epiphysis of humeri 16 and 21; Posterior view of the proximal epiphysis of humeri 16 and 21; Anterior view of the distal epiphysis of humeri 16 and 21; Posterior view of the distal epiphysis of humeri 16 and 21.

In summary, only 2 of the initial 5 associations can be considered reliable to be used in this study: the association formed by humeri 3 and 9, that belong to a male individual (Figure 5.34), and the association formed by humeri 16 and 21, that belong to a female individual (Figure 5.35). This low number of associations limits the potential outcome of this study.

The mean directional asymmetry (%DA) and absolute asymmetry (%AA), as well as the asymmetry for each individual are detailed in Table 5.12. Additionally, the overall asymmetry has been calculated, without dividing by individuals (Table 5.13). The data for the comparative samples can be seen in Table 5.14.

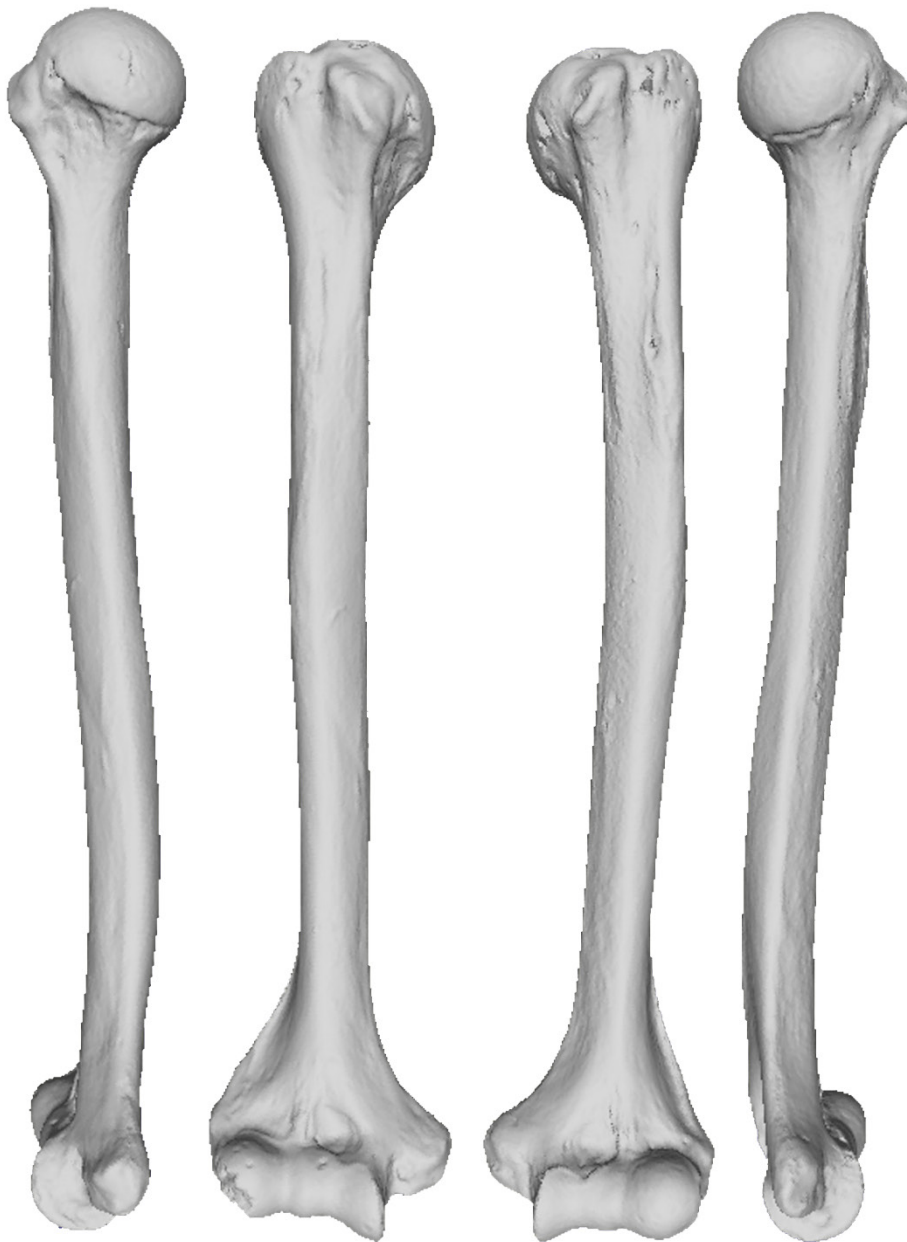


Figure 5.34. Medial and anterior view of humerus nº3 (label: 2010- MIR203- T35- nº9, right side) and anterior and medial view of humerus nº9 (label: 2009- MIR201- nº3, left side) that represent a male individual.

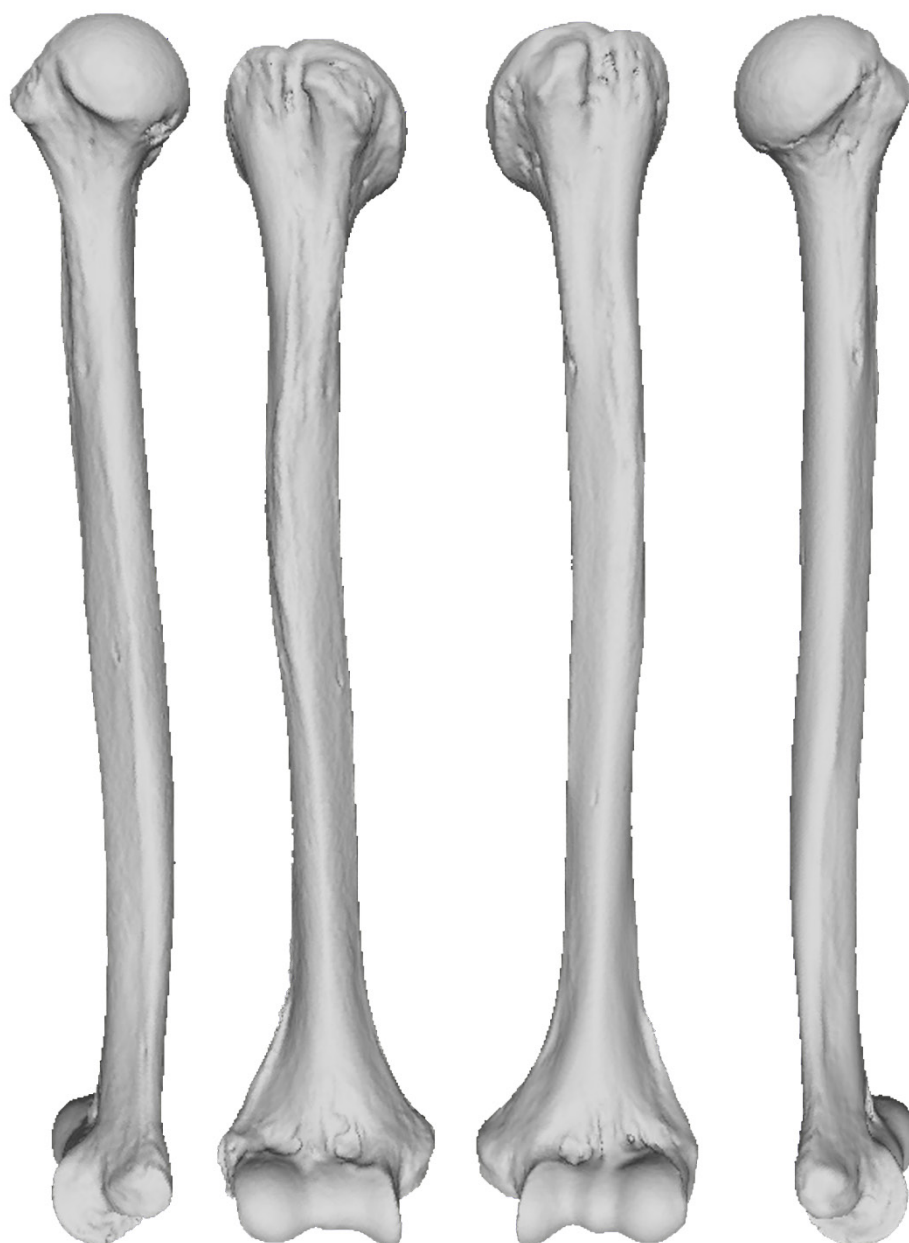


Figure 5.35. Medial and anterior view of humerus nº16 (label: 2012- MIR201- P36- nº71 + 2013- MIR203- Q37- nº47, right side) and anterior and medial view of humerus nº21 (label: 2016- MIR202- O36- nº88, left side) that represent a female individual.

Table 5.12. Directional asymmetry (%DA¹) and absolute asymmetry (%AA²) of the associated humeri from El Mirador.

N°	Label	Side	Sex	TA	J	I _x /I _y
3	2010- MIR203- T35- n°9	R	M	238.45	9165.31	1.06
9	2009- MIR201- n°3	L		254.23	10491.66	1.08
	%DA			-6.41	-13.49	-2.12
	%AA			6.41	13.49	2.12
16	2012- MIR201- P36- n°71 + 2013- MIR203- Q37- n°47	R	F	175.03	5023.59	1.20
21	2016- MIR202- O36- n°88	L		178.82	5133.17	1.08
	%DA			-2.14	-2.16	10.29
	%AA			2.14	2.16	10.29

¹ Following Ruff, 2018b.

² Following Ruff, 1987; Marchi et al., 2011; Nikita et al., 2011; Miller et al., 2018.

R= right; L= left; M= male; F= female.

Table 5.13. Overall directional asymmetry (%DA) and absolute asymmetry (%AA) in humeri from El Mirador.

Site/Sample	Side (n)		TA	J	I _x /I _y	
Male	Right (n=8)	Mean ± SD (Median) (Min-Max)	283.32 ± 34.79 (273.21) (238.45-340.57)	13174.74 ± 3384.60 (12049.86) (9165.31-19037.42)	1.10 ± 0.10 (1.11) (0.91-1.20)	
	Left (n=5)	Mean ± SD (Median) (Min-Max)	274.26 ± 28.00 (266.16) (254.23-323.52)	12455.04 ± 2814.49 (10491.66-17411.23) (11563.75)	1.07 ± 0.04 (1.02-1.14) (1.06)	
	%DA	Based on mean		3.25	5.62	1.97
		Based on median		2.61	4.12	4.28
	%AA	Based on mean		3.25	5.62	1.97
		Based on median		2.61	4.12	4.28
Female	Right (n=3)	Mean ± SD (Median) (Min-Max)	222.93 ± 44.32 (231.29) (175.03-262.48)	8506.16 ± 3341.98 (8807.77) (5023.59-11687.10)	1.27 ± 0.18 (1.20) (1.14-1.47)	
	Left (n=5)	Mean ± SD (Median) (Min-Max)	248.90 ± 43.46 (253.35) (178.82-288.34)	10437.47 ± 3413.09 (10561.15) (5133.17-13875.39)	0.95 ± 0.23 (1.08) (0.6-1.16)	
	%DA	Based on mean		-11.01	-20.39	28.44
		Based on median		-9.11	-18.11	10.67
	%AA	Based on mean		11.01	20.39	28.44
		Based on median		9.11	18.11	10.67

Table 5.14. Directional (%DA) and absolute asymmetries (%AA) in Mesolithic, Neolithic, Bronze Age, Roman Age and Medieval Age comparative humeral data from Parkinson (2020).

Sample	Sex	Asymmetry	Non-standardised TA	Non-standardised J	I_x/I_y
Mesolithic	Males	DA	0.81 ± 4.3 (n=5)	-1.74 ± 12.21 (n=5)	27.2 ± 25.76 (n=5)
	Females		7.67 ± 0.28 (n=2)	16.18 ± 0.83 (n=2)	-0.44 ± 15.56 (n=2)
	Males	AA	3.83 ± 1 (n=5)	9.35 ± 6.6 (n=5)	33.79 ± 12.71 (n=5)
	Females		7.67 ± 0.28 (n=2)	16.18 ± 0.83 (n=2)	11.01 ± 0.62 (n=2)
Neolithic	Males	DA	8.2 ± 5.89 (n=16)	15.76 ± 11.46 (n=16)	1.69 ± 7.21 (n=16)
	Females		0.51 ± 4.39 (n=6)	1.36 ± 9.09 (n=6)	-0.26 ± 7.32 (n=6)
	Males	AA	8.95 ± 4.57 (n=16)	17.18 ± 9.04 (n=16)	6.01 ± 4.07 (n=16)
	Females		3.34 ± 2.48 (n=6)	7.17 ± 4.82 (n=6)	5.9 ± 3.44 (n=6)
Copper Age	Males	DA	7.28 ± 13.57 (n=13)	14.04 ± 26.9 (n=13)	9.1 ± 18.83 (n=13)
	Females		4.99 ± 10.8 (n=12)	9.93 ± 21.46 (n=12)	1.87 ± 13.18 (n=12)
	Males	AA	12.56 ± 7.33 (n=13)	24.64 ± 14.06 (n=13)	10.66 ± 9.6 (n=13)
	Females		8.33 ± 8.25 (n=12)	16.74 ± 16.2 (n=12)	10.36 ± 7.77 (n=12)
Bronze Age	Males	DA	5.34 ± 3.33 (n=16)	10.76 ± 6.92 (n=16)	-6.17 ± 7.44 (n=16)
	Females		1.95 ± 1.26 (n=15)	-0.21 ± 4.95 (n=15)	2.63 ± 10.9 (n=15)
	Males	AA	5.48 ± 3.07 (n=16)	11.16 ± 6.2 (n=16)	8.03 ± 5.21 (n=16)
	Females		3.99 ± 2.73 (n=15)	9.06 ± 6.19 (n=15)	8.64 ± 5.71 (n=15)
Roman	Males	DA	8.51 ± 9.88 (n=5)	15.49 ± 17.38 (n=5)	0.21 ± 6.99 (n=5)
	Females		10.96 ± 12.63 (n=4)	15.91 ± 19.57 (n=4)	1.49 ± 23.28 (n=4)
	Males	AA	9.18 ± 9.1 (n=5)	15.74 ± 17.1 (n=5)	5.83 ± 2.54 (n=5)
	Females		11.47 ± 12 (n=4)	17.93 ± 17.09 (n=4)	19.85 ± 4.44 (n=4)
Medieval	Males	DA	8.47 ± 7.32 (n=11)	20.9 ± 15.77 (n=11)	-11.46 ± 15.24 (n=11)
	Females		6.24 ± 6.03 (n=14)	10.99 ± 17.63 (n=14)	-6.31 ± 18.02 (n=14)
	Males	AA	10.22 ± 4.19 (n=11)	22.89 ± 12.35 (n=11)	15.78 ± 10.15 (n=11)
	Females		7.32 ± 4.52 (n=14)	16.25 ± 12.51 (n=14)	14.56 ± 11.81 (n=14)

DA = Directional asymmetry.

AA = Absolute asymmetry.

Directional Asymmetry (%DA)

Overall, most male samples have greater asymmetry and more positive values than females in both standardised TA and J parameters, while differences between sexes in the I_x/I_y shape index are smaller. Regarding the asymmetry in standardised TA, the El Mirador male individual falls inside the range of variation of Copper Age male comparative sample (Table 5.12). In females, the value of El Mirador individual falls also within the range of variation of Copper Age and Bronze Age female samples (Figure 5.36). When the overall asymmetry is considered, both male and female values fall inside the variation range of Copper Age comparative samples, but not close to the median values (Table 5.13). In the case of males, there is nearly no asymmetry, and females show left arm dominance.

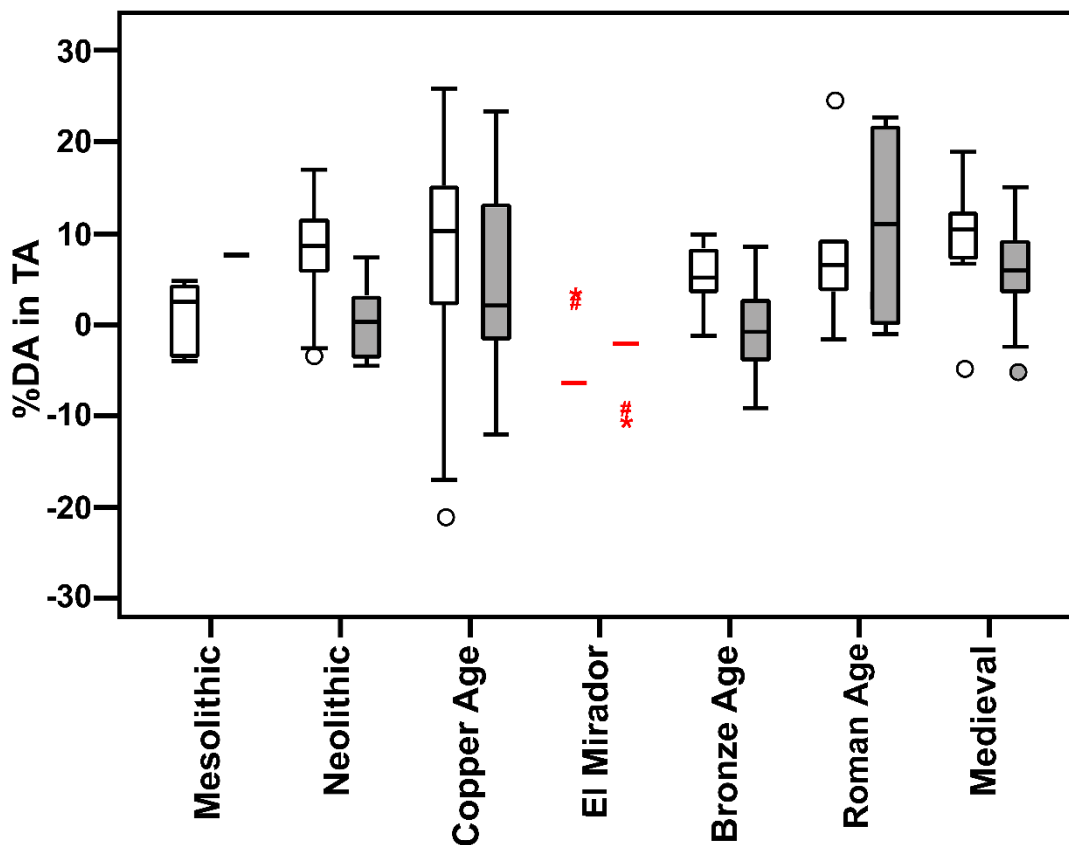


Figure 5.36. Directional asymmetry (%DA) of the standardised total area (TA) of the mid-distal section of the El Mirador humeri (marked in red), compared to comparative samples of different chronologies from West and Central Europe (data from Parkinson, 2020). White boxes: male samples; grey boxes: female samples; red lines: asymmetry of each individual identified of El Mirador; red asterisk: overall mean asymmetry of El Mirador; red hashtag: overall median asymmetry of El Mirador. Note that Parkinson's (2020) indeterminate-sex samples were not included in this figure.

Regarding standardised J, El Mirador male individual falls within the range of variation of Copper Age male samples (Table 5.12; Figure 5.37). Regarding females, the pattern is similar to standardised TA. As for standardised TA, the estimated overall asymmetry for males and females is within the range of variation, but below the mean/median of the Copper Age comparative samples (Table 5.13). In males, there is a slight asymmetry towards right arm, while in females the tendency is towards left arm dominance.

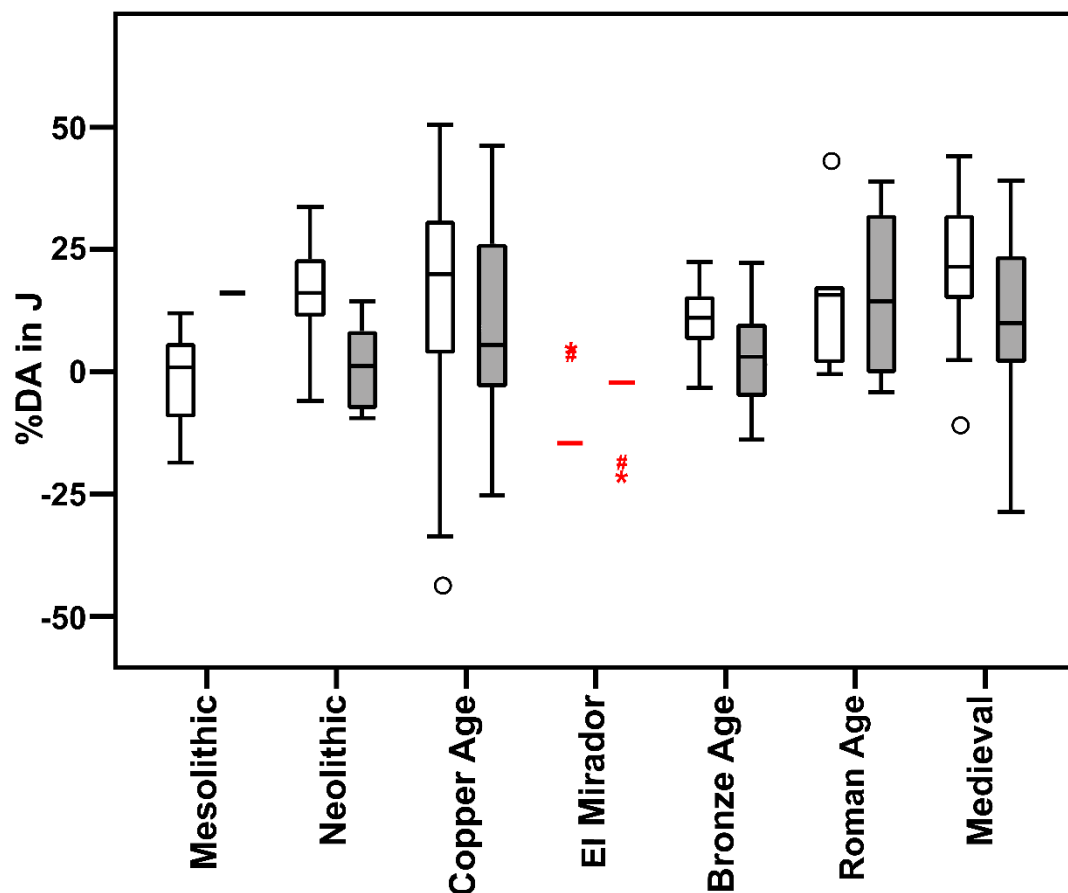


Figure 5.37. Directional asymmetry (%DA) of the standardised polar second moment of area (J) of the mid-distal section of the El Mirador humeri (marked in red), compared to comparative samples of different chronologies from Western and Central Europe (data from Parkinson, 2020). White boxes: male samples; grey boxes: female samples; red lines: asymmetry of each individual identified of El Mirador; red asterisk: overall asymmetry of El Mirador; red hashtag: overall median asymmetry of El Mirador. Note that Parkinson's (2020) indeterminate-sex samples were not included in this figure.

In the case of I_x/I_y , the male from El Mirador is within the range of variation of Copper Age comparative samples (Table 5.12; Figure 5.38). In females, the individual falls also within the Copper Age female sample. In this case, for the overall asymmetry, only the male value is inside the variation range of the Copper Age comparative sample, being near the median value (Table 5.13). The female value, on the other hand, is above the variation range and median value of the female comparative sample.

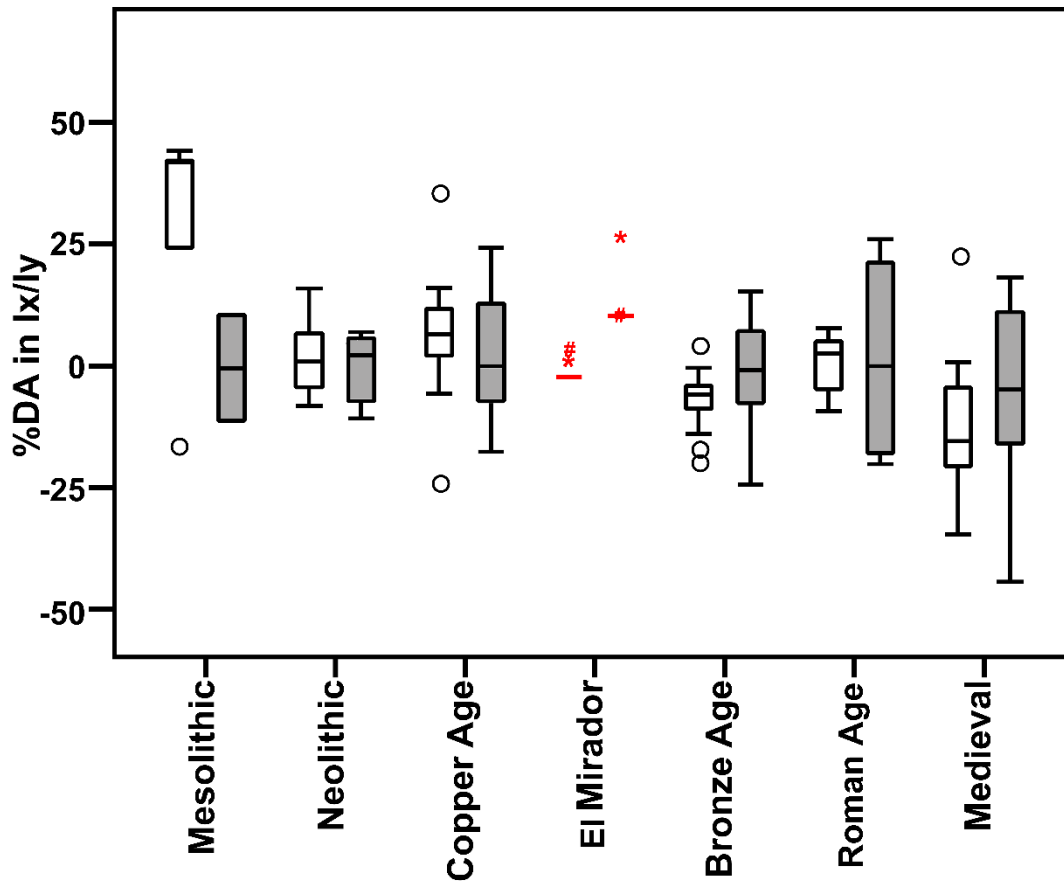


Figure 5.38. Directional asymmetry (%DA) of the shape index (I_x/I_y) of the mid-distal section of the El Mirador humeri (marked in red), compared to comparative samples of different chronologies from Western and Central Europe (data from Parkinson, 2020). White boxes: male samples; grey boxes: female samples; red lines: asymmetry of each individual identified of El Mirador; red asterisk: overall asymmetry of El Mirador; red hashtag: overall median asymmetry of El Mirador. Note that Parkinson's (2020) indeterminate-sex samples were not included in this figure.

Absolute Asymmetry (%AA)

The asymmetry observed in the male individual for standardised TA and J is, overall, greater and it has more positive values than the female individual, while in I_x/I_y , the asymmetry is greater in the female individual.

In standardised TA, the male individual is within the range of variation of the Copper Age and Bronze Age comparative samples (Table 5.12; Figure 5.39). In the case of females, the individual is also within the range of variation of the Copper Age and the Bronze Age samples, being closer to the median value of the first comparative sample. The mean asymmetry values, for both males and females, fall within the variation range of Copper Age male and female comparative samples respectively, but neither are close to the median values (Table 5.13). Both median and mean values indicate that female

sample has more asymmetry than males.

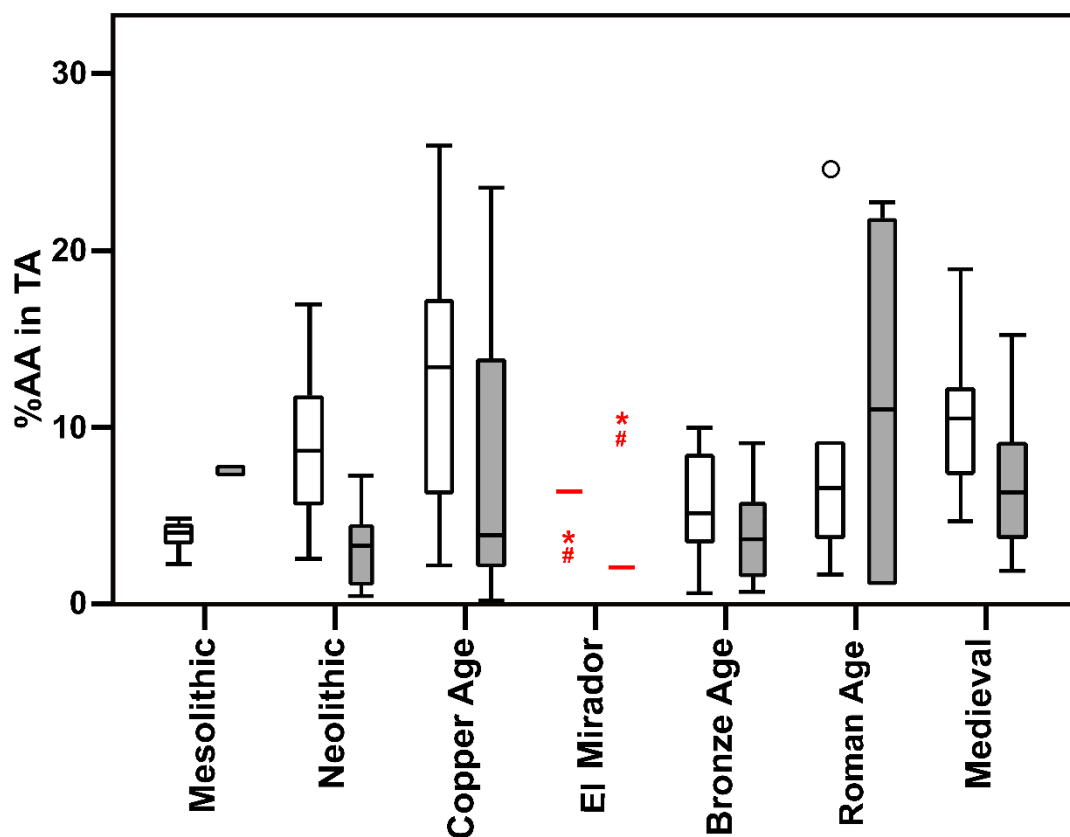


Figure 5.39. Absolute asymmetry (%AA) of the standardised total area (TA) of the mid-distal section of the El Mirador humeri (marked in red), compared to comparative samples of different chronologies from Western and Central Europe (data from Parkinson, 2020). White boxes: male samples; grey boxes: female samples; red lines: asymmetry of each individual identified of El Mirador; red asterisk: overall asymmetry of El Mirador; red hashtag: overall median asymmetry of El Mirador. Note that Parkinson's (2020) indeterminate-sex samples were not included in this figure.

In standardised J, as well as in TA, the male and female individuals fall within the range of variation of the Copper Age and Bronze Age male and female comparative samples respectively (Table 5.12; Figure 5.40). Regarding the overall asymmetry, both male and female mean and median values are within the range of variation of the Copper Age comparative samples, but not close to the median values (Table 5.13). This variable also indicates that females have more asymmetry than males, while the males have almost no asymmetry, as the values are near 0.

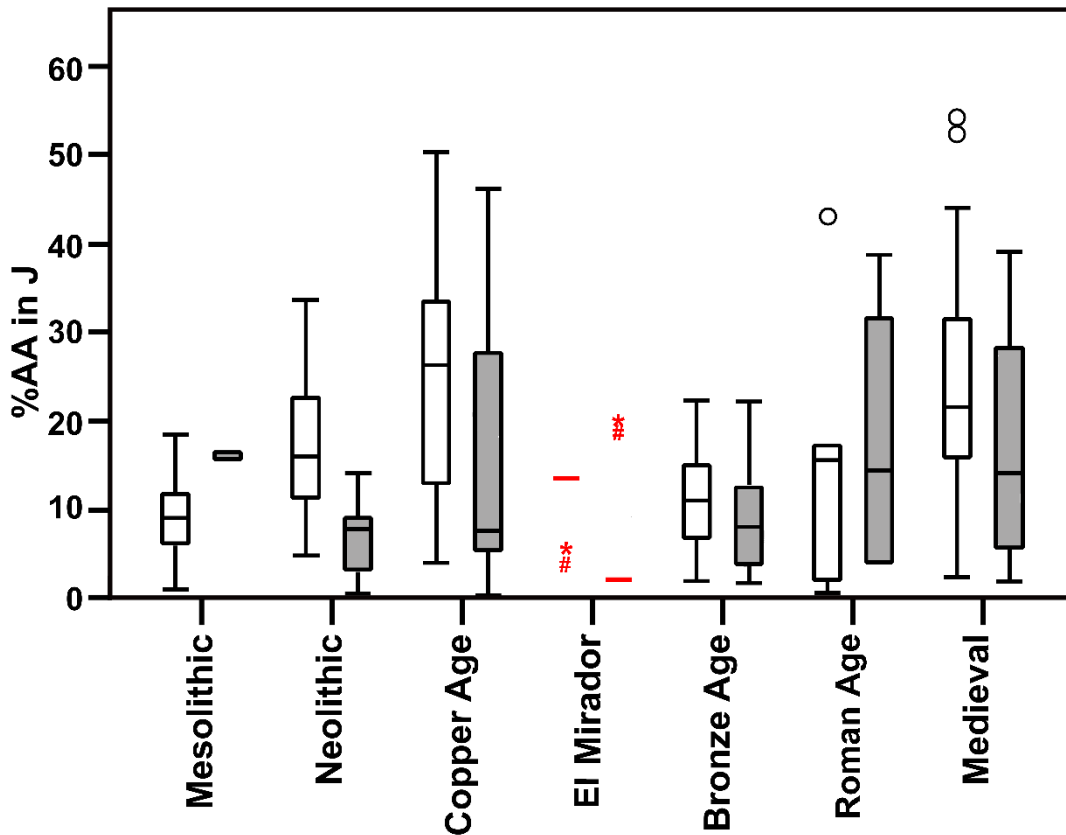


Figure 5.40. Absolute asymmetry (%AA) of the standardised polar second moment of area (J) of the mid-distal section of the El Mirador humeri (marked in red), compared to comparative samples of different chronologies from Western and Central Europe (data from Parkinson, 2020). White boxes: male samples; grey boxes: female samples; red lines: asymmetry of each individual identified of El Mirador; red asterisk: overall asymmetry of El Mirador; red hashtag: overall median asymmetry of El Mirador. Note that Parkinson's (2020) indeterminate-sex samples were not included in this figure.

Lastly, in the I_x/I_y index, the male individual falls within the range of variation of the Copper Age male comparative sample (Table 5.12; Figure 5.41). In females, the individual is within the range of variation of the Copper Age female comparative samples. Both El Mirador individuals fall also within the Bronze Age male and female comparative samples respectively. In the overall asymmetry, only the male mean value is inside the variation range of Copper Age comparative sample, being close to the minimum value of the variation (Table 5.13). In the median values, both male and female samples fall inside the variation range of the comparative sample, been the females more asymmetrical in shape than males.

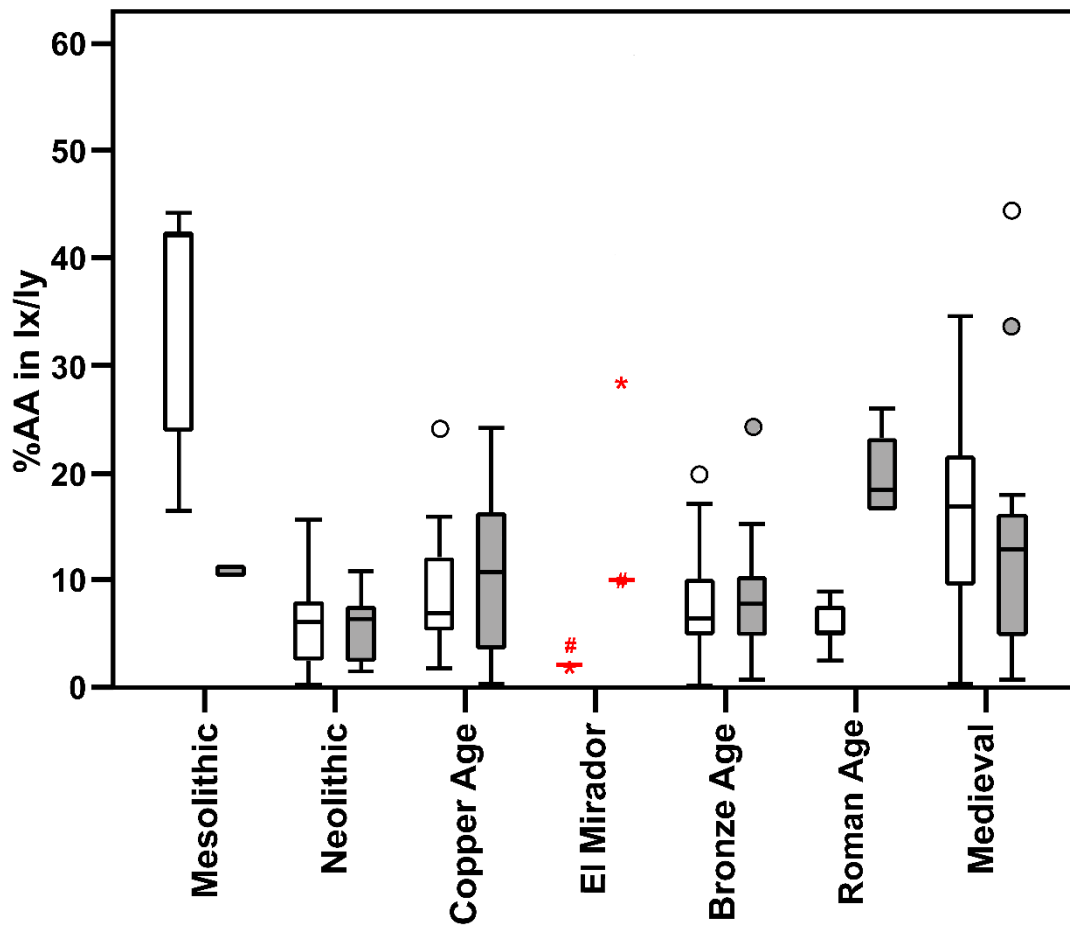


Figure 5.41. Absolute asymmetry (%AA) of the shape index (I_x/I_y) of the mid-distal section of the El Mirador humeri (marked in red), compared to comparative samples of different chronologies from Western and Central Europe (data from Parkinson, 2020). White boxes: male samples; grey boxes: female samples; red lines: asymmetry of each individual identified of El Mirador; red asterisk: overall asymmetry of El Mirador; red hashtag: overall median asymmetry of El Mirador; Note that Parkinson's (2020) indeterminate-sex samples were not included in this figure.

5.5.4 Synthesis

An overall summary of all biomechanical results will be presented below, divided by samples and long bone type.

The biomechanical properties of the humerus and femur of Individual 5 from Lumentxa, from all the available comparative data, show greatest overall similarity to the Neolithic sample from France and Italy. We have also detected differences between the Iberian Peninsula and France and Italy in the Mesolithic and the Bronze Age samples that require further research.

In the case of the Atxuri-I site, the Bronze Age individual has the strongest affinities with the Bronze Age samples from the Iberian Peninsula, especially with the

female individuals, but falls within the range of samples from most other periods and locations.

Then, El Mirador collection has been divided according to the type of long bones. In humeri sample, it can be observed that this sample is more similar to the Neolithic comparative sample in terms of standardised total area (TA), even though the former falls within the variation range of both Neolithic and Copper Age samples. Moreover, El Mirador female sample has a higher median value than the male sample and the remaining comparative samples. In the case of the standardised polar second moment of area (J), the results divided by sex are different: the male mean/median falls between Neolithic and Copper Age comparative samples, while females show values above both of the comparative samples, having a higher median value as well than El Mirador male samples. In the shape index (I_x/I_y), it can be observed that both males and females are similar to both comparative samples.

Moreover, El Mirador femora sample has a similar value to Neolithic and Copper Age comparative samples for standardised total area (TA), but only to the latter one when the samples are divided by sex. Regarding the sex differences, El Mirador female sample presents a higher value than males. In the case of the standardised polar second moment of area (J), there are not significant differences between sexes in El Mirador, been more similar to the Copper Age comparative samples. In the shape index (I_{\max}/I_{\min}), El Mirador presents a median value slightly higher, but still similar to other Recent Prehistory comparative samples. Regarding the sex, El Mirador male and female samples are similar to Copper Age and Bronze Age comparative samples.

Lastly, the standardised total area (TA) of El Mirador tibiae sample has the lowest median value, along the Bronze Age comparative sample. Regarding the sex, both males and females are similar to the same-sex comparative sample of the Bronze Age, presenting sexual dimorphism between them. In standardised polar second moment of area (J), males have a higher median value than females, being both of them closer to Copper Age comparative sample. In the case of the shape index, El Mirador shows the highest median value, been closer to Bronze Age comparative sample. When samples are divided by sex, El Mirador male sample is closer to Upper Palaeolithic male sample, while El Mirador female sample to Copper Age female sample. It is noteworthy that there are not significant differences between male and female samples.

Due to the commingling of the El Mirador sample, the study of the asymmetry of the humeri should be considered as preliminary. First, some traditional measurements have been used using bivariate plots to try to associate humeri of different sides, and then a morphological study has been performed in the few possible associations obtained,

observing that only two of them can be reliable. Then, the values of these two associations, as well as the overall mean and median of the sample (divided by sex) has been calculated, to try to obtain more information.

In the directional asymmetry (%DA), for standardised total area (TA) and polar second moment of area (J), the overall asymmetry of both sexes falls inside the variation range of Copper Age comparative samples, but below the median values. Overall mean and median values for males show a slight asymmetry towards right arm, while in females the tendency is towards left arm dominance. In the case of shape index (I_x/I_y), only the overall male value is inside the variation range of Copper Age comparative sample, being close to the median value, while overall mean female value is above any female comparative sample.

In the absolute asymmetry (%AA) for the three parameters, the mean and median values of the female sample is greater than males. In the case of standardised total area (TA) and polar second moment of area (J), mean and median of both sexes fall within the variation range of Copper Age comparative samples, but being far from the median value of the comparative sample. In I_x/I_y overall median values for both sexes are within the range of variation of the Copper Age comparative sample, while the differences observed in the mean values when the sample is separated by sex indicate the greater asymmetry in females, being above all female comparative samples.

5.6 DISCUSSION

5.6.1 *Lumentxa*

The comparison and interpretation of the biomechanical data from Individual 5 should be treated with caution, given that we have results from a single individual. Nonetheless, for the humerus, %CA is more similar to the Bronze Age male median than to that of Mesolithic males from the Iberian Peninsula (Ruff and Garvin, 2018), which could be consistent with a different pattern of the arm use between the last hunter-gatherers and the first productive societies in this region (Sládek et al., 2016 and references therein). The greater similarity of Individual 5 to the Neolithic male samples from France and Italy than to the Bronze Age male sample would also be consistent with: a) the chronology of this individual, and b) changes in behaviour between these periods (Sládek et al., 2018). While the polar section modulus (Z_p) is lower than both Mesolithic and Bronze Age male means from the Iberian Peninsula, it is within the range of values for comparative samples and little interpretation can be offered based on this single individual. Relative to the comparative data from France and Italy (Holt et al., 2018a), the Lumentxa result suggests

that this individual could have been stronger than the average Neolithic and Bronze Age males in Iberia, but not as strong as the average Mesolithic males, potentially consistent with a difference in strength between last hunter-gatherers and first food producing societies. As there is only one humerus, it is not possible to study the sexual dimorphism or the bilateral asymmetry for this individual.

The femur of the Neolithic Individual 5 shows a more similar pattern of cross-sectional geometry to the Atxuri-I individual, which dates to the Bronze Age. Whether this similarity between these two individuals, which are 2,000 years apart in date, is influenced by the orography of the Basque Atlantic area is a question for future investigation. Comparison with additional contemporaneous samples from adjacent flatter areas such as the Ebro valley or the Northern Iberian plateau will help to clarify this issue, since the nature of terrain influences lower limb skeletal robusticity (Marchi et al. 2006).

Moreover, it has been observed that the value of the individual of Lumentxa is slightly lower than Mesolithic and Bronze Age male sample means (Ruff and Garvin, 2018). In contrast, compared with samples from France and Italy, the femur of Lumentxa is more similar to the Neolithic sample mean, but below the Mesolithic and Bronze Age sample means. This might suggest similarities in mobility between Neolithic samples from nearby areas, but also that Neolithic people were, on average, less mobile than previous and later populations. This could be consistent with the decrease in mobility seen between foraging and more sedentary populations at Neolithic (e.g., Ruff et al., 2015), but more individuals would be necessary to test this assumption in the region of study.

As Lumentxa falls between Mesolithic and Bronze Age male means from the Iberian Peninsula for the polar section modulus (Z_p), this could be consistent with a trend towards decreasing femoral robusticity during this time. The higher (but close) value of Lumentxa's Z_p compared to Neolithic and Bronze Age male means from France and Italy shows that this individual is slightly stronger than the average individual from food-producing societies from nearby countries.

5.6.2 *Atxuri-I*

The femur of Atxuri-I (directly dated as belonging to the Bronze Age) shows a similar percentage cortical area (%CA) compared to the Bronze Age male and female mean and median samples from the Iberian Peninsula. However, Atxuri-I (and Lumentxa; see above) lie within the range of variation for various time periods and geographical areas. Thus, due to the scarcity of the currently available bone collection, larger samples

are needed to draw firm conclusions regarding the mobility in the AWP. In any case, comparative samples from near areas like the Northern Iberian plateau or the Ebro Valley could be helpful to deal with this issue, as lower limb bone biomechanics are influenced by the nature of terrain (Marchi et al., 2006). The availability of complete long bones on the one hand, and the low amount of available dates (see sections 3.5.1 and 3.5.2) are limiting factors to more extensive analyses.

Regarding the comparative samples from France and Italy, the individual has a lower (but close) value in %CA compared with the mean and median of the Upper Palaeolithic and Mesolithic samples of both sexes, suggesting a lower degree of mobility. This is consistent with the decrease in mobility observed from the Palaeolithic until the present, associated with increased sedentarism, starting (and specially) with the adoption of agriculture (Ruff et al., 2015; Holt, 2018b; Cox et al., 2019). In contrast, it seems that the Atxuri-I individual shows more mobility than the Neolithic mean and median from France and Italy, but falling within their variation range and less than the Bronze Age individuals.

For the polar section modulus (Z_p), more differences can be observed depending on whether the individual is assumed to be male or female. Atxuri-I has a slightly higher value for this parameter than both the Mesolithic male sample mean and median from the Iberian Peninsula, which would be consistent with the progressive increase in lower bone strength during the Bronze Age documented elsewhere (Ruff and Garvin, 2018), although a much larger Bronze Age sample would be required to demonstrate such pattern. The similarity observed between the Atxuri-I femur with the Iberian Bronze Age female mean sample would be consistent with the sex assessment of this specimen (see section 4.5.2.4). The parameters of the Atxuri-I femur suggests a lower mechanical loading than individuals from the Upper Palaeolithic from both sexes from France and Italy, and the Mesolithic male mean and median sample. Nevertheless, compared with the Mesolithic and Neolithic female samples and the Bronze Age samples of both sexes, Atxuri-I shows greater strength (within their variation range), similar to the Iron Age/Roman Age male sample. The Atxuri-I individual is less robust than both male samples from Jau-Dignac-et-Loirac and the Early Medieval from the Iberian Peninsula, but similar, though slightly above the median values of the female samples of these periods.

In summary, based on the available information, we consider it most likely that the complete femur from Atxuri-I belonged to a relatively tall female individual from the Bronze Age, which should be further tested with a nuclear DNA analysis.

5.6.3 *El Mirador*

Lower limbs

The comparison of both standardised total area (TA) and shape index (I_{\max}/I_{\min}) in femora and tibiae can provide an idea about the trend of mobility in the lower limbs of populations (Parkinson, 2020).

The robusticity (TA) in both femora and tibiae decreased since the Upper Palaeolithic until the Bronze Age period, but the El Mirador results are different depending on the bone used. El Mirador femora shows similar values to the Neolithic and Copper Age comparative samples, but tibiae do not show those values and are similar to Bronze Age samples (Figure 5.23). Therefore, both lower long bones indicate different mobility trends for the same collection.

Regarding the shape index (I_{\max}/I_{\min}), the pooled sex median values for both the femora and tibiae are the highest compared to the comparative data, being more similar to the Bronze Age comparative samples. When sex is considered, male and female femora are close to the Copper Age and Bronze Age comparative samples, while male tibiae are similar to the Bronze Age and the female tibiae to the Copper Age comparative samples. The differences between sexes observed in both variables are not significant (see section 5.5.3.2 and 5.5.3.3), so that the different results observed in the last variable are not remarkable.

Even so, the differences observed between femora and tibiae could be explained by the susceptibility of the femora to body breadth changes (Ruff et al., 2006b; Stock, 2006; Davies and Stock, 2014; Macintosh and Stock, 2019). The commingled state of collections like El Mirador prevents for obtaining the information of this variable. Additionally, tibiae are more M-L centred during weight support, which makes this bone better considered, clearer and more reliable for this kind of studies (Ruff, 2005; Ruff et al., 2006b; Shaw and Stock, 2011).

Even if tibiae provide more accurate information, in other collections studied in this thesis (i.e., Atxuri-I and Lumentxa) only preserve their femora, and thus the femora will also be considered. Compared to the male individual from Lumentxa (Neolithic) and probable female individual from Atxuri-I (Bronze Age), the El Mirador mean and median data have lower values in both TA and I_{\max}/I_{\min} index. However, the two femora from Biscay are within the range of variation of El Mirador (see section 5.5.3.2). Due to the low number of comparative samples, it is not possible to assess if the differences are because of the different chronologies. Several studies have assessed if the high values in these variables are consequence of rugged terrain or a maintenance of the activity level of

the individuals (e.g., Marchi et al., 2006; Marchi et al., 2011; Holt et al., 2018b; Parkinson, 2020). In our case, both Lumentxa and Atxuri-I sites are in more rugged terrains than El Mirador (mountains vs hill; see sections 2.1.2, 2.1.3 and 2.1.4). However, being single individuals, and due to the differences detected in the mobility in different chronologies, there could be mixed effects in these (slight) differences. Therefore, more collections from different chronologies and with a larger number of individuals would be necessary to try to verify whether the chronology and/or the orography played a role in possible differences.

On the other hand, the settlement of the pastoralism in El Mirador (Martin et al., 2009 and references therein), along with the use of the vegetable resources, provided a semisedentary strategy of the population. The differences observed between sexes in tibiae, even if they are not significant (section 5.5.3.3), could be due to the distribution of labour activities between sexes (section 5.1.5.2), where females were responsible of more manual tasks like recollection or processing of materials and males of the pastoralism, implying more mobility than females.

The polar second moment of area (J) is similar in both femora and tibiae, being their values below both Neolithic and Copper Age comparative samples, but closer to the latter one. This is consistent with the general trend observed in other regions, where the rigidity decreases during the Recent Prehistory (Marchi et al., 2011, Parkinson, 2020 between others). These results could indicate that long bone from the lower limb from this collection present lower rigidity than in previous periods, as well as lower mobility trends. The settlement of a more sedentary life can explain the reduction of mobility, but in females these results could be influenced by a major use of the upper limb, just as will be discussed below.

Upper limbs

The pooled sex collection of El Mirador displays a higher mean in total area (TA) than the comparative samples, only surpassed by Neolithic data. This implies that the robusticity of the upper limbs did not follow the pattern observed in other Copper Age regions from Europe (e.g., Parkinson, 2020), where the robusticity decreased in this period within a longer term trend. In this case, El Mirador present a higher robusticity on the humeri, indicating a more intensive use of the manual activities.

When sex is considered, data show interesting results in both total area (TA) and polar second moment of area (J), even if differences are not significant in neither of them (see section 5.5.3.1): females continue the tendency observed in the pooled sex sample,

but surpassing Neolithic values, while males show less robusticity, but not as much as Copper Age samples from Italy and Maltese islands (Parkinson, 2020). This could indicate that females worked more in manual activities than males (e.g., grain grinding; Sládek et al., 2016), possibly implying a division of labour by sex, being males more responsible of the pastoralism (see lower limb). These results could not reflect the influence of the pastoralism, if not the effect of an intensive manual activity of female individuals (e.g., in the processing of cereals), as pastoralism can be better explored in the study of the lower limbs (Robb, 1994). Moreover, the Neolithic individual of Lumentxa has a higher value in TA and J than El Mirador mean and median sample, but this information is scarce to verify if the results are due to the chronology of the sample or to physical characteristics of the individual.

The shape index (I_x/I_y) of the humeri presents values higher than 1, being similar to both Neolithic and Copper Age samples. In early agricultural societies, this indicates the antero-posterior (A-P) elongation of the humerus, implying the performance of repetitive unimanual activities and food processing (Stock and Pfeiffer, 2004; Stock et al., 2011; Larsen, 2015). In El Mirador, this high value could indicate the high specialization of the population to the practice of this lifestyle: females present greater values than males, although results are not significant, possibly pointing out a major specialization of females to this kind of activities.

Several studies of El Mirador show the abundance of cereal pollen grains (preference of hulled and naked wheat), fruits and seeds and the presence of some spikelet forks during Bronze Age, suggesting the cultivation of cereals as well as the rear of livestock (Expósito and Burjach, 2016; Rodríguez et al., 2016). Furthermore, the dental study of one Chalcolithic individual indicates the presence of considerable dental wear, associated to an abrasive diet due to the consumption of vegetables like cereals (Ceperuelo et al., 2015). This context can corroborate the processing of cereals in the population of El Mirador.

In order to verify this hypothesis, the study of directional and absolute asymmetry of the humeri has been considered, as this kind of study helps to observe the differences in the manipulative behaviour between sexes or during periods of time (Sládek et al., 2007 and references therein). Due to the inability of dividing all the data by individuals, overall mean and median have also been included. Nevertheless, it would be interesting for a future perspective to use additional techniques like the study of entheses or the use of softwares to try to associate humeri as best as possible (e.g., Ibáñez-Gimeno et al., 2013; Santos and Villote, 2019; Profico et al., 2021).

Negative values in %DA in female mean and median of TA and J indicate a

predominant use of the left arm, while the predominance in males is on the right arm (see section 5.5.3.4). The preference of the left arm in females could be related to the performing of activities that would have loaded both arms (Macintosh et al., 2014). The performing of bimanual activities could be supported by the use of the anterior teeth as a tool to manipulate materials, as it has been observed in two individuals of this site (Lozano et al., 2017).

The positive value of the shape index of both sexes in %DA indicates a repetitive and intensive use of the manual activities in the population, but the higher value observed in %AA in females points out the continuous execution of these tasks in this section of the population (Wells and Stock, 2020). The greater elongation A-P of the humeri (see section 5.1.3) in females can corroborate the assumption of the performing intensive and repetitive manual tasks, as well as it has been suggested in other populations like Later Stone Age Southern African females due to the use of digging sticks and harvesting of shellfish (Stock and Pfeiffer, 2004; Stock and Shaw, 2007 and references therein).

El Mirador has similarities with the results observed in Macintosh et al. (2014, 2017), where recent prehistoric females from Central and Southeast Europe (Germany, Czech Republic, Slovakia, Hungary, and Serbia) were compared with males from the same periods, living control and female athletes respectively. Overall, the females from Recent Prehistory show a higher loading of the upper limbs than both female athletes and controls, because of the intensification of the agriculture and the higher demand of bimanual activities (Macintosh et al., 2017). Furthermore, they experiment low values of tibial rigidity, similar to the female control and varsity rower values and far from the football players, indicating a low mobility. This situation is the same observed in females from El Mirador, where the upper limbs show a greater use than lower limbs. In Macintosh et al. (2014), these results can be observed in the Bronze Age female samples from Central and Southeast Europe: their symmetrical and left-biased data could indicate their implication in domestic tasks (e.g., grinding of grain or textile production) instead of agricultural tasks, presenting similarities with females from El Mirador.

Lastly, the study of Sládek et al. (2007), focussed on Late Copper Age and Early Bronze Age populations from Central Europe, indicates the possibility of males performing extra-domestic tasks related to the agriculture and females performing symmetrical domestic tasks, which could be the same situation observed in El Mirador collection. However, there are no similarities with the Copper Age females studied by Parkinson (2020; Italy and Maltese islands, see section 2.2.3.2), as the asymmetry values for both males and females present considerable overlap, being El Mirador more similar to Bronze Age samples.

Therefore, despite some problems presented above, due to the commingling of the bones, which does not allow to link different bones to the same individual (and thus, it also complicates the study of asymmetry), the data provided by the El Mirador sample is consistent with the hypothesis regarding the division of labour between sexes during the Chalcolithic in the Sierra de Atapuerca. These results are consistent with males performing extra-domestic unimanual tasks and pastoralism, and females being responsible of the processing of diverse kinds of domestic bimanual tasks.

5.7. CONCLUSIONS

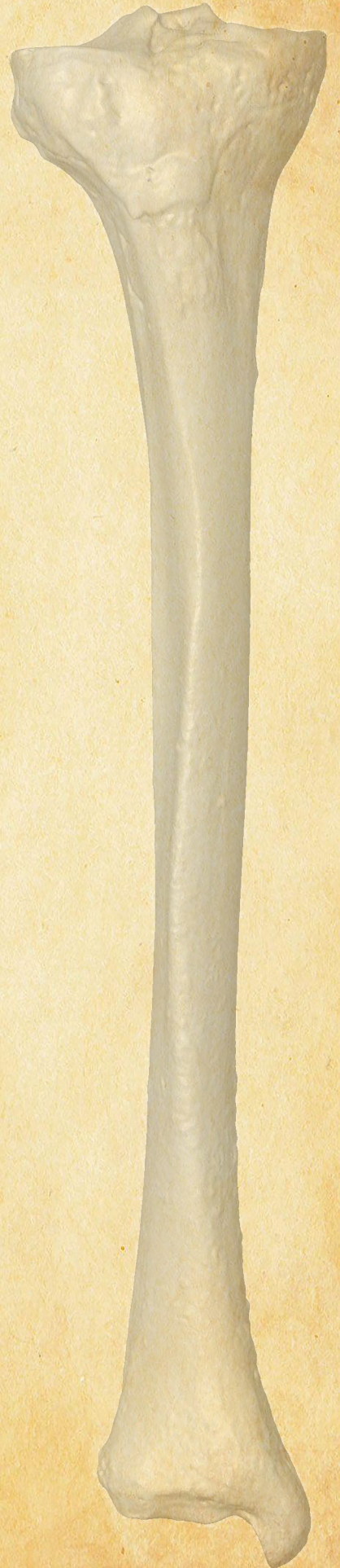
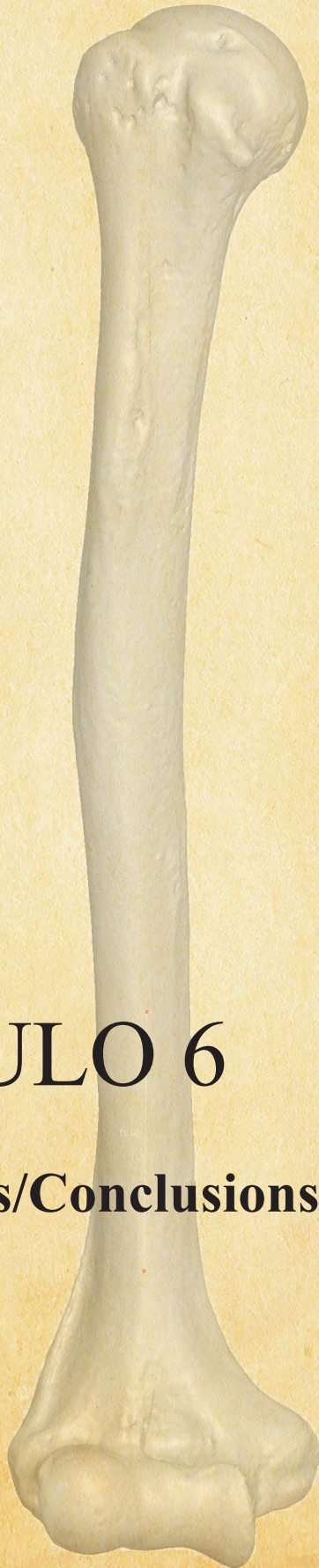
In this chapter, the biomechanical study of the complete bones from three different sites has been performed: one Bronze Age individual from Atxuri-I (represented by one femur) and one Neolithic individual from Lumentxa (represented by one humerus and one femur) from the province of Biscay and the entire Chalcolithic collection of complete adult long bones from El Mirador (22 humeri, 31 femora and 33 tibiae) located in the Sierra de Atapuerca. The conclusions of this work have been divided by site:

- In Lumentxa, the robusticity (%CA) of the humerus is more similar to Bronze Age males than Mesolithic males from Iberian Peninsula, showing an intermediate pattern of the arm use between these chronologies. Additionally, this bone presents a similar robusticity to Neolithic males from France and Italy. In the case of the polar section modulus (Z_p), the humerus falls within the variation range of Mesolithic and Bronze Age samples from Iberia and it is more robust and stronger than Neolithic and Bronze Age males from France and Italy. The femur of this Neolithic individual is slightly less robust than Mesolithic and Bronze Age males from Iberian Peninsula, while there are similarities with the Neolithic males from France and Italy, possibly indicating similar mobility patterns between Neolithic samples of different regions. This individual falls between Mesolithic and Bronze Age males from Iberia in terms of strength, but it is stronger than Neolithic and Bronze Age from France and Italy.
- In Atxuri-I, the studied femur shows a similar robusticity (%CA) compared to the Bronze Age female sample from the Iberian Peninsula, but slightly less than populations from France and Italy of the same chronology, being consistent with a degree of mobility expected to the chronology and location of the sample. Regarding the strength of the bone (Z_p), this sample presents greater values than Bronze Age samples from France and Italy and similar to Bronze Age females from the Iberian Peninsula. This would be consistent with the results of the sex

assessment of the individual. For that reason, it is reasonable that the femur of Atxuri-I belonged to a relatively tall female individual.

- In El Mirador, the similarities observed in robusticity (TA) and shape index (I_{\max}/I_{\min}) when compared to Bronze Age tibiae from Italy could indicate a lower mobility trend in Iberia than in other regions. Differences in the TA of the tibia between sexes in El Mirador would be consistent with a possible division of labour where males were focussed in pastoralism (more mobile) and females in more sedentary activities. In the case of the manipulative behaviour, the El Mirador humeri present a higher robusticity (TA), shape index (I_x/I_y) and rigidity (J) than samples from all periods, except for the Neolithic samples from Italy, indicating a major use of the upper limb bones, probably related to the agriculture. The preliminary study of the asymmetry has pointed out the possibility of a division of labour depending on the sex, even if the differences are not significant: males could perform extra-domestic unimanual activities and tasks related to pastoralism, implying a greater mobility trend, while females could perform repetitive and intensive bimanual domestic activities like the processing or grinding of grain and production of textile.

This is the first biomechanical study made in human samples from the Basque Country as well as the first time that Neolithic and Chalcolithic collections have been studied in the context of the Iberian Peninsula. Nevertheless, the low number of individuals in some of the samples prevents from doing more detailed studies. More studies in collections from the Recent Prehistory are necessary to try to reconstruct the manipulative behaviours and mobility trends of the populations of the peninsula, and for that end, additional direct dates and further anthropological studies would be necessary.



CAPÍTULO 6

Conclusiones/Conclusions

CONCLUSIONES

El objetivo de esta Tesis Doctoral ha sido avanzar en el conocimiento de los aspectos biológicos y cronológicos de las poblaciones de la Prehistoria Reciente en el norte de la península ibérica. Con este fin, se han llevado a cabo tres trabajos de investigación diferentes, cada uno con sus objetivos específicos y centrados en un aspecto concreto, que han dado la posibilidad de construir una visión más global sobre el modo de vida y el trato funerario que realizaban las poblaciones de la vertiente atlántica de los Pirineos Occidentales (PAO) y la Sierra de Atapuerca. De esta manera, las conclusiones se han organizado en función de cada tipo de estudio realizado.

El primer trabajo, presentado en el capítulo 3, trata sobre la recopilación bibliográfica de dataciones directas realizadas sobre huesos humanos de los yacimientos de los PAO, así como de la presentación de nuevas dataciones en los tres yacimientos de esta región. En el área de los Pirineos Atlánticos Occidentales (PAO) se han identificado más de 187 yacimientos con restos humanos adscritos al Holoceno, pero solo en 38 de ellas se han datado restos humanos (menos del 22,4%). Se han contabilizado un número total de 70 dataciones directas en las cuatro regiones que conforman los PAO, siendo Bizkaia la provincia con más dataciones (36 de 70 dataciones), representando la mitad de las dataciones totales. La mayoría de las dataciones están adscritas a los periodos del Calcolítico y de la Edad de Bronce, con 32 dataciones y 25 dataciones respectivamente. Este hecho coincide con la mayor presencia de individuos en yacimientos de estas dos cronologías, especialmente en aquellas del periodo Calcolítico: p.ej. Pico Ramos ($n = 104$; Bizkaia) o Abauntz ($n > 100$; Navarra).

De los sitios en los que se ha realizado el estudio antropológico en este volumen, dos de ellos (Lumentxa y Atxuri-I) presentan un rango amplio de cronologías dentro de la Prehistoria Reciente, mientras que el único individuo de Abittaga está adscrito a la Edad de Bronce. En el caso de los 4 (de los 7) individuos de Lumentxa, estos han sido datados en el Neolítico Inicial, Neolítico, Calcolítico y Edad de Bronce; y se han datado 2 de los 9 individuos de Atxuri-I y están adscritos al Mesolítico y a la Edad de Bronce. Por tanto, este trabajo aporta la primera datación del Mesolítico y Neolítico en huesos humanos de la provincia de Bizkaia, al igual que la segunda datación adscrita al Neolítico Inicial.

La comparación del número de individuos inhumados y su marco cronológico aportan información sobre el tipo de uso sepulcral de los yacimientos. Primero, hay un alto número de cuevas con un único uso funerario, ya que solo presentan 1 individuo inhumado (p.ej., Covachón III, Aintzulo, Aizpea o Laà). Este caso también sucede en Abittaga. Segundo, aquellos yacimientos con un bajo número de individuos tienden a presentar un uso diacrónico de las cavidades con largas cronologías (p. ej., Santimamiñe o

Marizulo). Este es el caso de Lumentxa y Atxuri-I. Finalmente, los yacimientos con muchos individuos se han usado con una alta frecuencia durante un periodo relativamente corto de tiempo, indicando un uso más sincrónico (p. ej., Txotxinkoba, Urtao II, Pico Ramos o Abauntz). Sin embargo, hay yacimientos con un número alto/moderado de individuos con una sola datación, lo cual impide conocer completamente el marco cronológico verdadero del uso funerario de estos yacimientos (p. ej., Lacilla II, Iruaxpe I o Nardakoste IV).

En este capítulo 4 se ha llevado a cabo el estudio paleobiológico de cuatro yacimientos: el análisis antropológico completo en tres yacimientos de Bizkaia (Abittaga, Atxuri-I y Lumentxa) y la determinación del sexo y las estimaciones de la estatura y la masa corporal de los huesos largos seleccionados de los individuos adultos de El Mirador (Sierra de Atapuerca, Burgos). Las conclusiones de este trabajo se han dividido según el yacimiento:

- En Abittaga, los restos humanos representan a un único individuo con una estimación de edad de muerte de al menos 29 años, posiblemente femenino y con una estimación de estatura alrededor de 155 cm usando tanto metacarpos como metatarsos.
- En Atxuri-I, la colección de restos humanos representa un mínimo de nueve individuos, englobando 3 subadultos (de 3-4 años, 6-8 años y 13-16 años) y 6 adultos (1 individuo entre 18 y 24 años, un segundo entre 20 y 30 años, un tercero entre 21 y 35 años, un cuarto entre 40 y 50 años y dos últimos mayores de 35 años). En base a la determinación del tamaño de los húmeros y fémures, se ha sugerido la presencia de 1 individuo masculino, 1 individuo femenino y un individuo adicional posiblemente femenino; mientras que la determinación del K-medias usando el 1º y 2º metatarso sugieren la presencia de 2 individuos masculinos y 4 individuos femeninos. El fémur del individuo posiblemente femenino, datado directamente como perteneciente a la Edad de Bronce, perteneció a un individuo de 160,4 cm y 53,1 kg. En mujeres, se ha conseguido una estimación de estatura de 151,8 cm (basado en el 2º metatarso) y entre 158,8 y 163,0 cm (basado en el 1º metatarso). En hombres, se han obtenido rangos de estimación entre 175,3 y 176,6 cm usando el 1º metatarso.
- En Lumentxa, la colección de restos humanos representa un mínimo de siete individuos, comprendidos en 2 subadultos, 1 niño-adolescente, 1 joven adulto y 3 adultos, estando 1 de los subadultos actualmente desaparecido y no conservado en el Arkeologi Museoa (Bilbao, Bizkaia). Los 2 subadultos (denominados como Individuos 1 y 2) tienen una edad estimada de entre 3 y 5 años, el individuo infantil-adolescente (Individuo 7) tiene una edad estimada de entre 8 y 16 años, el joven

adulto (Individuo 3) tiene una edad estimada de entre 18 y 21 años y dos de los adultos (denominados como Individuos 4 y 5) tienen una edad estimada de entre 25 y 40 años y 35 y 50 años respectivamente. El Individuo 4 se ha determinado como un posible individuo femenino y el Individuo 5 como un individuo masculino, con una estatura y masa corporal estimadas de 156,8 cm y 61,7 kg.

-En El Mirador, se ha determinado un mínimo de 21 individuos basados en la colección de húmeros, fémures y tibias adultas, el cual es consistente con estimaciones previas usando la colección completa. Debido a la mezcla de los esqueletos, se ha realizado una determinación del sexo por medio del K-medias, llegando a determinar la presencia de 10 individuos masculinos y 11 individuos femeninos. La estatura basada en los fémures ha aportado un valor medio de 160,5 cm para los hombres y 152,1 cm para las mujeres, mientras que mediante las tibias los resultados son 161,2 cm y 148,4 cm respectivamente. La masa corporal, estimada usando el diámetro de la cabeza femoral, tiene un resultado de 62,0 kg en hombres y 51,3 kg en mujeres solamente en fémures completos y de 61,8 kg en hombres y 50,1 kg en mujeres usando el número total de fémures.

Se ha observado la presencia de individuos de todos los rangos de edad y de ambos sexos en yacimientos del área de los Pirineos Atlántico Occidentales, si bien no es posible asegurar la presencia de sesgo en las variables de edad de muerte y sexo. Los individuos subadultos no están presente en los periodos Mesolítico y Neolítico, lo que podría ser un sesgo de muestreo debido al bajo número de individuos recuperados, pero ellos están presentes durante el Calcolítico y la Edad de Bronce.

Por último, en general, es posible observar que las muestras analizadas son consistentes con el patrón de masa corporal y estatura aportados por estudios previos. En cualquier caso, todavía existe una escasez de información para el tamaño corporal general de los habitantes prehistóricos del área de los Pirineos Atlánticos Occidentales, lo que se suma a la falta de certidumbre sobre la cronología de muchos yacimientos con restos humanos.

En este tercer trabajo, presentado en el capítulo 5, se ha realizado el estudio biomecánico de los huesos largos completos de tres yacimientos diferentes: un individuo de la Edad de Bronce de Atxuri-I (representado por un fémur) y un individuo neolítico de Lumentxa (representado por un húmero y un fémur) de la provincia de Bizkaia y la colección calcolítica entera de huesos largos completos de individuos adultos de El Mirador (22 húmeros, 31 fémures y 33 tibias) situada en la Sierra de Atapuerca. Las conclusiones de este trabajo se han dividido en función de los yacimientos:

- En Lumentxa, la robustez del húmero (CA%) es más similar a la media y mediana de la muestra masculina de la Edad de Bronce que a la muestra mesolítica de la península ibérica, mostrando un patrón intermedio del uso del brazo entre estas cronologías. Además, este hueso presenta una robustez cercana a la de la muestra neolítica masculina de Francia e Italia. En el caso de la sección polar modular (Z_p), el húmero se encuentra dentro del rango de variación de las muestras masculinas del Mesolítico y la Edad de Bronce de la península ibérica y es más robusto y fuerte que las muestras masculinas del Neolítico y la Edad de Bronce de Francia e Italia. El fémur de este individuo neolítico es ligeramente menos robusto que los hombres del Mesolítico y la Edad de Bronce de la península ibérica, mientras que hay similitudes con la muestra neolítica masculina de Francia e Italia, indicando posiblemente patrones de movilidad similares entre muestras neolíticas de diferentes regiones. Este individuo se encuentra entre los valores de la media y mediana de las muestras masculinas del Mesolítico y la Edad de Bronce de la península ibérica en términos de solidez (Z_p), pero es más fuerte que los hombres del Neolítico y la Edad de Bronce de Francia e Italia.
- En Atxuri-I, el fémur estudiado muestra una robustez similar (CA%) en comparación con las muestras femeninas de la Edad de Bronce de la península ibérica, pero ligeramente menor que las poblaciones de Francia e Italia de la misma cronología, siendo consistente con un grado de movilidad esperado para la cronología y localización de la muestra. Con relación a la solidez del hueso (Z_p), este fémur presenta valores más altos que la media y mediana de las muestras de la Edad de Bronce de Francia e Italia, pero similar a las mujeres de la Edad de Bronce de la península ibérica. Esto podría ser coherente con la determinación del sexo del individuo. Por este motivo, es razonable que este fémur perteneció a un individuo femenino relativamente alto.
- En El Mirador, las similitudes observadas en la robustez (TA) e índice de circularidad (I_{max}/I_{min}), comparando con las muestras de tibias de Italia, podrían indicar una tendencia de movilidad menor en la península ibérica que en otras regiones. Las diferencias en TA en la tibia entre sexos en El Mirador podrían ser coherente con una posible división del trabajo donde los hombres estaban centrados en el pastoreo (mayor movilidad) y las mujeres en actividades más sedentarias. En el caso del comportamiento de manipulación de los brazos, los humeros de El Mirador presentan una robustez (TA), índice de circularidad (I_x/I_y) y una rigidez (J) mayor que las muestras de todos los periodos, excepto las muestras neolíticas de Italia, indicando un mayor uso de los huesos de la extremidad superior, probablemente relacionado con la agricultura. El estudio

preliminar de la asimetría ha indicado la posibilidad de una división del trabajo en función del sexo, aun si las diferencias no son significativas: los hombres podrían realizar actividades unimanuales extradomésticas y tareas relacionadas con el pastoreo, implicando una tendencia de movilidad mayor, mientras que las mujeres podrían realizar actividades bimanuales domésticas intensas y repetitivas como el procesamiento o molienda de granos y la producción de textil.

Esta Tesis Doctoral ha aportado datos que permiten conocer en mayor medida los aspectos paleobiológicos de los Pirineos Atlánticos Occidentales (PAO). A nivel cronológico, a pesar de haber proporcionado nuevas dataciones sobre restos humanos en este estudio, la recopilación bibliográfica ha dejado entrever la necesidad de realizar análisis cronológicos más exhaustivos, de forma que se pueda evitar la pérdida de información relevante.

En el capítulo dedicado al estudio antropológico, se han podido analizar detenidamente tres yacimientos de los PAO y los huesos largos del yacimiento de El Mirador. Sin embargo, gracias a la información recopilada, se ha podido observar que este no es el caso en muchos de los yacimientos de los PAO: se aprecian desigualdades en el estudio de las variables paleobiológicas, siendo la estatura y la masa corporal las menos analizadas. Por tanto, son necesarios más estudios antropológicos que se enfoquen de forma similar a todas las variables paleobiológicas, que permitan ahondar en más aspectos del modo de vida de las poblaciones.

Por último, el estudio biomecánico de los huesos largos ha mostrado poder ser relevante a la hora de analizar el modo de vida de las poblaciones. Por ello, es necesario continuar promoviendo la realización de este tipo de estudios, si bien estos deberían extenderse a nivel peninsular, con el fin de observar posibles diferencias a nivel regional entre poblaciones. La realización del estudio biomecánico también depende de una información precisa acerca de las variables paleobiológicas y cronológicas de la población de estudio. Por tanto, es necesario tener en cuenta la investigación detallada de las poblaciones a diferentes niveles, de forma que se pueda englobar y recopilar la mayor cantidad de información posible.

CONCLUSIONS

The objective of this Doctoral Thesis has been to advance in the knowledge of palaeobiological and chronological characteristics of the populations of the Recent Prehistory on the north of the Iberian Peninsula. To this end, three different research projects have been made, each one with its specific objectives and focussed in one particular characteristic, which have given the opportunity of building a more global vision about the lifestyle and funerary behaviour of the populations of the Atlantic Western Pyrenees (AWP) and Atapuerca quarry. In this way, the conclusions have been organised according to each type of study carried out.

The first study, presented in the chapter 3, addresses the bibliographic compilation of direct dates made in human remains from sites of AWP, as well as the introduction of new dates in the three sites of this region. In the Atlantic Western Pyrenean area (AWP) more than 187 caves have been identified with human burials ascribed to the Holocene, but only in 38 sites the human remains have been dated (less than the 22,4%). A total number of 70 direct dates have been counted in the four regions that comprise the AWP, being Biscay the province with more dates (36 of 70 dates), representing the half of the total dates. The majority of the dates are ascribed to the Chalcolithic and Bronze Age periods, with 32 dates and 25 dates respectively. This coincides with the presence of more individuals in sites of these two chronologies, especially in Chalcolithic periods: e.g., Pico Ramos (n = 104; Biscay) or Abauntz (n > 100; Navarre).

From the sites for which the anthropological study is done in this volume, two of them (Lumentxa and Atxuri-I) present a large range of chronologies within the Recent Prehistory, while the only individual of Abittaga is ascribed to the Bronze Age. In the case of 4 (out of 7) individuals from Lumentxa, they have been dated to the Early Neolithic, Neolithic, Chalcolithic and Bronze Age; and 2 of the 9 individuals of Atxuri-I have been dated and ascribed to the Mesolithic and Bronze Age. Therefore, the present work provides the first Mesolithic and Neolithic date in human bones from the province of Biscay, as well as the second date ascribed to the Early Neolithic.

The comparison of the number of individuals inhumed and their chronological framework provide information about the type of sepulchral use of the sites. First, there is a high number of cave sites with a single funerary use, as they only present 1 individual buried (e.g., Covachón III, Aintzulo, Aizpea or Laà3). This is also the case for Abittaga. Second, sites with a low number of individuals tend to present a diachronic use of the cavities with long chronologies (e.g., Santimamiñe or Marizulo). This is the case of Lumentxa and Atxuri-I. Finally, sites with many individuals have been used with a high frequency during a relatively short period of time, indicating a more synchronous use (e.g.,

Txotxinkoba, Urtao II, Pico Ramos or Abauntz). However, there are sites with moderate/high number of individuals with only one date, which prevents fully knowing the true chronological framework of the funerary use of these sites (e.g., Lacilla II, Iruaxpe I or Nardakoste IV).

In this chapter 4, the palaeobiological study of four sites has been conducted: the complete anthropological analysis of three sites from Biscay (Abittaga, Atxuri-I, and Lumentxa) and the sex assessment and the stature and body mass estimations of selected long bones of adult individuals of El Mirador (Sierra de Atapuerca, Burgos). The conclusions of this work have been divided by site:

- In Abittaga, the human remains represent a single individual with an age-at-death estimation of at least 29 years old, probably female and a stature estimation of around 155 cm using both the metacarpals and the metatarsals.
- In Atxuri-I, the human remain collection represents a minimum of nine individuals, comprising 3 subadults (of 3-4 years old, 6-8 years old and 13-16 years old) and 6 adults (1 individual between 18 and 24 years old, a second one between 20 and 30 years old, a third one between 21 and 35 years old, a fourth one between 40 and 50 years old and two older than 35 years old). Based on the assessment of the size of humeri and femora, the presence of 1 male, 1 female and a probable additional female is suggested, while the K-means assessment using the 1st and 2nd metatarsals suggest the presence of 2 males and 4 females. The femur of a probable female individual, directly dated as belonging to the Bronze Age, belonged to an individual of 160.4 cm and 53.1 kg. For females, a stature estimation of 151.8 cm (based on the 2nd metatarsal) and between 158.8 and 163.0 cm (based on the 1st metatarsal) have been gained. For males estimations ranging between 175.3 and 176.6 cm have been obtained using the 1st metatarsal.
- In Lumentxa, the human remain collection represents a minimum of seven individuals comprising in 2 subadults, 1 child-adolescent, 1 young adult and 3 adults, being 1 of the subadults currently lost and not stored at Arkeologi Museoa (Bilbao, Biscay). The 2 subadults (named as Individuals 1 and 2) have an estimated age-at-death between 3 and 5 years old, the child or adolescent individual (Individual 7) has an age-at-death between 8 and 16 years old, the young adult (Individual 3) has an estimated age-at-death between 18 and 21 years old and two of the adults (named as Individual 4 and 5) between 25 and 40 years old and 35 and 50 years old. Individual 4 has been assessed as probable female and Individual 5 as male, with an estimated stature and body mass of 156.8 cm and 61.7 kg.

-In El Mirador, a minimum of 21 individuals has been determined based on the collection of adult humeri, femora and tibiae which is consistent with previous estimations using the whole collection. Due to the commingling of the skeletons, a sex assessment using K-means has been performed, determining 10 males and 11 females. The stature based on the femora has yielded a mean value of 160.5 cm for males and 152.1 cm for females, while based on tibiae the results are 161.2 cm and 148.4 cm, respectively. The body mass, estimated using the femoral head diameter, has a result of 62.0 kg in males and 51.3 kg in females in only complete femora, while a result of 61.8 kg in males and 50.8 kg in females using the total number of femora.

It has been observed that individuals from all age ranges and both sexes are present in cave sites from Atlantic Western Pyrenean area, but there is a small predominance of male adult individuals. Subadult individuals are not present in Mesolithic and Neolithic periods, which could be a sampling bias due to the small number of recovered individuals, but they are present during Chalcolithic and Bronze Age.

Finally, in general, it is possible to observe that the samples analysed here are consistent with the patterns of body mass and stature provided by previous works. In any case, there is still a dearth of information for general body size of the prehistoric inhabitants of the Atlantic Western Pyrenean area, which sums to the lack of certitude about the chronology of many sites with human remains.

In this third work, presented in chapter 5, the biomechanical study of the complete bones from three different sites has been performed: one Bronze Age individual from Atxuri-I (represented by one femur) and one Neolithic individual from Lumentxa (represented by one humerus and one femur) from the province of Biscay and the entire Chalcolithic collection of complete adult long bones from El Mirador (22 humeri, 31 femora and 33 tibiae) located in the Sierra de Atapuerca. The conclusions of this work have been divided by site:

-In Lumentxa, the robusticity (%CA) of the humerus is more similar to Bronze Age males than Mesolithic males from Iberian Peninsula, showing an intermediate pattern of the arm use between these chronologies. Additionally, this bone presents a similar robusticity to Neolithic males from France and Italy. In the case of the polar section modulus (Z_p), the humerus falls within the variation range of Mesolithic and Bronze Age samples from Iberia and it is more robust and stronger than Neolithic and Bronze Age males from France and Italy. The femur of this Neolithic individual is slightly less robust than Mesolithic and Bronze Age males from Iberian Peninsula, while there are similarities with the Neolithic males

from France and Italy, possibly indicating similar mobility patterns between the Neolithic samples of different regions. This individual falls between Mesolithic and Bronze Age males from Iberia in terms of strength, but it is stronger than Neolithic and Bronze Age from France and Italy.

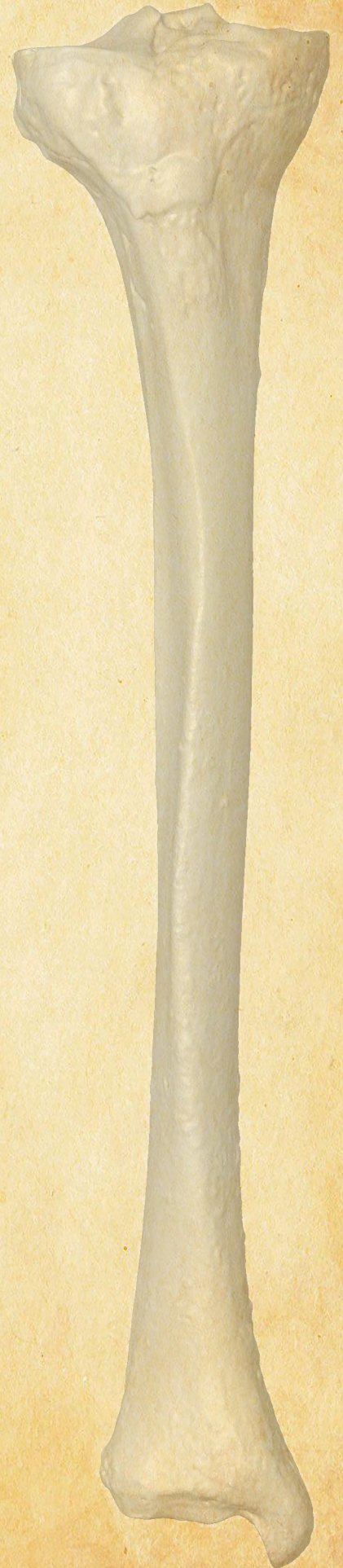
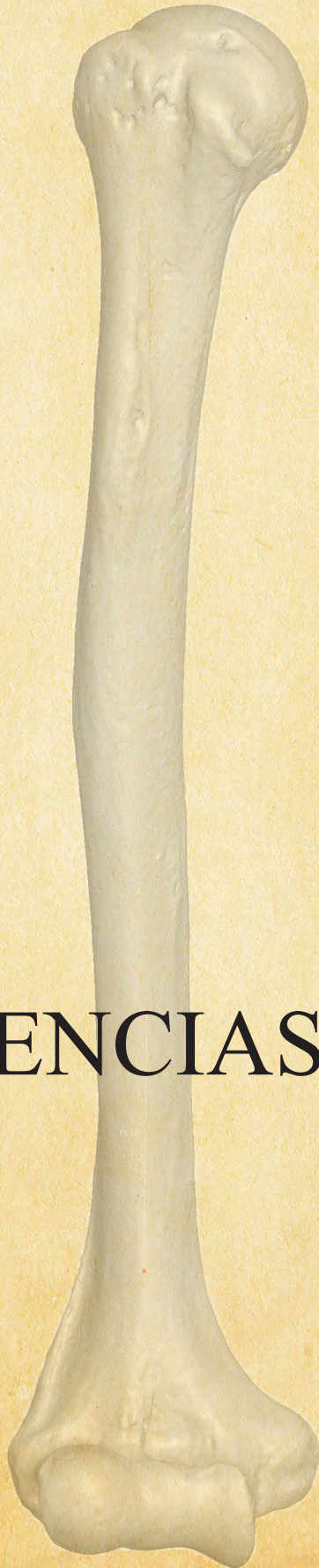
- In Atxuri-I, the studied femur shows a similar robusticity (%CA) compared to the Bronze Age female sample from the Iberian Peninsula, but slightly less than populations from France and Italy of the same chronology, being consistent with a degree of mobility expected to the chronology and location of the sample. Regarding the strength of the bone (Z_p), this sample presents greater values than Bronze Age samples from France and Italy and similar to Bronze Age females from the Iberian Peninsula. This would be consistent with the results of the sex assessment of the individual. For that reason, is reasonable that the femur of Atxuri-I belonged to a relatively tall female individual.
- In El Mirador, the similarities observed in robusticity (TA) and shape index (I_{\max}/I_{\min}) when compared to Bronze Age tibiae from Italy could indicate a lower mobility trend in Iberia than in other regions. Differences in the TA of the tibia between sexes in El Mirador would be consistent with a possible division of labour where males were focussed in pastoralism (more mobile) and females in more sedentary activities. In the case of the manipulative behaviour, the El Mirador humeri present a higher robusticity (TA), shape index (I_x/I_y) and rigidity (J) than samples from all periods, except for the Neolithic samples from Italy, indicating a major use of the upper limb bones, probably related to the agriculture. The preliminary study of the asymmetry has pointed out the possibility of a division of labour depending on the sex, even if the differences are not significant: males could perform extra-domestic unimanual activities and tasks related to pastoralism, implying a greater mobility trend, while females could perform repetitive and intensive bimanual domestic activities like the processing or grinding of grain and production of textile.

This Doctoral Thesis has provided data that allows to know to a greater extent the palaeobiological characteristics of the Atlantic Western Pyrenean area (AWP). At a chronological level, although providing new dates on human remains in this study, the bibliographic compilation has suggested the necessity of performing more exhaustive chronological analyses, so that the loss of relevant information can be avoided.

In the chapter dedicated to the anthropological study, three sites from AWP and the long bones from the site of El Mirador have been assessed in detail. However, thanks to the gathered information, it has been possible to observe that this is not the case for many of the sites of AWP: some inequalities can be seen in the study of the palaeobiological

variables, being the stature and body mass the ones least studied. For that reason, more anthropological studies focussed equally on all palaeobiological variables are necessary, that allow to delve into more aspects of the lifestyle of the populations.

Finally, the biomechanical study of long bones has shown to be relevant when analysing the lifestyle of the populations. Due to that, it is indispensable to continue promoting the performing of these kinds of studies, even if those should be extended at a peninsular level, with the objective of possible differences at a regional level between populations. The execution of the biomechanical study also depends on accurate information about the palaeobiological and chronological variables of the targeted population. For that reason, it is essential to take into account the detailed research of the samples at different level, in order to encompass and gather as much information as possible.



REFERENCIAS

- Ábalos, B., 2016. Geologic map of the Basque-Cantabrian Basin and a new tectonic interpretation of the Basque Arc. *International Journal of Earth Sciences (Geol Rundsch)* 105, 2327-2354.
- Ábalos, B., Alkorta, A., Iribar, V., 2008. Geological and isotopic constraints on the structure of the Bilbao anticlinorium (Basque-Cantabrian Basin, North Spain). *Journal of Structural Geology* 30, 1354-1367.
- Alday Ruiz, A., 2009. El final del Mesolítico y los inicios del Neolítico en la Península Ibérica: cronología y fases. *Munibe (Antropología-Arkeología)* 60, 157-173.
- Aliaga Almela, R., 2012. *Sociedad y mundo funerario en el III y II milenio a.C. en la región del Jarama*. PhD dissertation, Universidad Autónoma de Madrid, Madrid.
- Alonso Sambade, T., 2013-2014. *Tres testimonios directos de violencia en el Calcolítico Precampaniforme del Valle Medio del Duero (2900-2300 cal AC)*. Universidad de Valladolid, Valladolid.
- AlQahtani, S.J., Hector, M.P., Liversidge, H.M., 2010. Brief communication: The London atlas of human tooth development and eruption. *American Journal of Physical Anthropology* 142, 481-490.
- Altuna, J., 1985. Dataciones de C14 de Erralla. Comparación con las dataciones de otros yacimientos próximos, en: Altuna, J., Baldeón, A., Mariezkurrena, K. (Eds.), *Cazadores magdalenienses en Erralla (Cestona, País Vasco)*. *Munibe (Antropología-Arkeología)* 37, 25-28.
- Altuna, J., 1986. Economías prehistóricas cazadoras y ganaderas en el País Vasco y resto de la región cantábrica. *Revista internacional de los estudios vascos* vol. 31 n3, 609-628.
- Altuna, J., 1990. D. José Miguel de Barandiarán: Notas biográficas. *Munibe (Antropología-Arkeología)* 42, 7-9.
- Altuna, J., 2009. Cueva de Ekain: 2ª fase. II Campaña. *Arkeoikuska: Investigación arqueológica* 2009, 345-348.
- Altuna, J., Mariezkurrena, K., 1985. Bases de subsistencia de los pobladores de Erralla: Macromamíferos, en: Altuna, J., Baldeón, A., Mariezkurrena, K. (Eds.), *Cazadores magdalenienses en Erralla (Cestona, País Vasco)*. *Munibe (Antropología-Arkeología)* 37, 87-117.
- Altuna, J., Rúa, C., de la, 1989. Dataciones absolutas de los cráneos del yacimiento prehistórico de Urtiaga. *Munibe (Antropología-Arkeología)* 41, 23-28.
- Altuna, J., Mariezkurrena, K., 2013. Cráneos de pantera en Allekoaitze (Ataun) y Aintzulo (Errezil) (Guipuzkoa). *Kobie (Serie Paleoantropología)* 32, 29-37.
- Altuna, J., Armendariz, A., Etxeberria, F., et al., 1995. Gipuzkoa. Carta Arqueológica II. Cuevas. *Munibe-(Suplemento)* 10. Sociedad de Ciencias Aranzadi.
- Altuna, J., Mariezkurrena, K., 2016. *Elefantes, rinocerontes y leones macromamíferos prehistóricos de Euskal Herria: una vida compartida con los humanos*. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco, Vitoria-Gasteiz.
- Altuna, J., Mariezkurrena, K., 2017. *Orígenes y evolución de la domesticación en el País Vasco: iconografía europea de animales domésticos*. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco, Vitoria-Gasteiz.
- Álvarez Fernández, E., Arrizabalaga Valbuena, Á., Iriarte Chiapusso, M.J., 2010. El Abrigo de J3 (Hondarribia, Guipúzcoa): consideraciones de tipo metodológico y primeros resultados sobre los recursos marinos de un conchero de época mesolítica. *Férvedes: Revista de investigación*, 17-24.
- Álvarez-Fernández, E., Altuna Etxabe, J., 2013. La cueva de Marizulo (Urnieta, Gipuzkoa), 50 años después: revisión de los restos arqueozoológicos de los niveles mesolíticos. *Kobie Serie Paleoantropología* 32, 131-152.
- Alves, E.Q., Macario, K., Ascough, P., et al., 2018. The worldwide marine radiocarbon reservoir effect: definitions, mechanisms, and prospects. *Reviews of Geophysics* 56 (1), 278-305.
- Alzualde, A., Izagirre, N., Alonso, S., et al., 2005. Temporal mitochondrial DNA variation in the Basque Country: influence of Post-Neolithic events. *Annals of Human Genetics* 69, 665-679.
- Anderung, C., Bouwman, A., Persson, P., et al., 2005. Prehistoric contacts over the Straits of Gibraltar indicated by genetic analysis of Iberian Bronze Age cattle. *PNAS* vol. 102 n°24, 8431-8435.
- Apellániz, J.M., 1973. Corpus de materiales de las culturas prehistóricas con cerámica de la población de cavernas del País Vasco Meridional. *Munibe (Suplemento)* 1, 73-80.
- Apellániz, J.M., Nolte, E., 1967. Cuevas sepulcrales de Vizcaya. Excavación, estudio y datación por el C-14. *Munibe* 19, 159-226.
- Aranburu, A., Cearreta, A., Serrano, E., et al., 2014. El Cuaternario de la Cuenca Vasco-Cantábrica en: Bodego, A., Mendiá, M., Aranburu, A., Apraiz, A. (Eds.), *Geología de la Cuenca Vasco-Cantábrica*. Servicio Editorial de

- la Universidad del País Vasco, Bilbao, pp. 129-140.
- Aranburu-Mendizabal, A., Sarasketa-Gartzia, I., Arrizabalaga, A., et al., 2018. El yacimiento calcolítico de Karea en el contexto de las cuevas sepulcrales de Gipuzkoa (País Vasco). *Munibe (Antropología-Arkeología)* 69, 177-190.
- Aranzadi, T., 1922. Síntesis métrica de cráneos vascos. *Revista internacional de los estudios vascos* vol.13 nº1, 1-32.
- Aranzadi, T., 1929. Restos humanos de las cavernas de Santimamiñe (Cortézubi), Arezti (Ereño) y Lumentxa (Lequeitio) en Vizcaya., in: *Duodécimo Congreso de la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias*. Huelves y Compañía, Ed, Hilarion Eslava 5, Madrid, España, pp. 71-98.
- Aranzadi, T.d., Barandiarán, J.M.d., 1935. Exploraciones de prehistoria en las cercanías de Roncesvalles (Auritzberri y Auritz) y en Gorriti y Huici. *Munibe* 2, 73-102.
- Aranzadi, T.d., Barandiarán, J.M.d., Eguren, E.d., 1935. *Exploraciones de la caverna de Santimamiñe (Basondo: Cortezubi). Tercera memoria, yacimientos Azilienses y paleolíticos. Exploraciones de la caverna de Lumentxa (Lequeitio)*. Excma. Diputación de Vizcaya, Bilbao.
- Aranzadi, T.d., Barandiarán, J.M.d., 1948. *Exploración de la cueva de Urtiaga (en Itziar, Gipúzcoa) II. Con un estudio de los cráneos prehistóricos de Vasconia*. Gernika, Eusko Jankintza 2, 307-330.
- Arceredillo, D., Gómez-Olivencia, A., García-Pérez, A., 2011. Three statistical methods for sex determination in extant and fossil caprines; assessment of the Rupicapra long bones. *Journal of Archaeological Sciences* 38, 2450-2460.
- Arenal, I., de la Rúa, C., 1988. Nuevos datos de la población megalítica de Álava (País Vasco). Los restos humanos del Dolmen de la Hechicera. *Munibe Suplemento* 6, 199-208.
- Arias, P., 1989. Las industrias de los estratos postpaleolíticos de la cueva de Atxuri (Mañaria, Vizcaya). *Veleia (Revista de prehistoria, historia antigua, arqueología y filología clásicas)* 6, 49-84.
- Arias Cabal, P., 2005. Determinaciones de isótopos estables en restos humanos de la región Cantábrica. Aportación al estudio de la dieta de las poblaciones del Mesolítico y el Neolítico. *Munibe (Antropología-Arkeología)* 57, 359-374.
- Arias Cabal, P., 2012a. *Funerary practices in Cantabrian Spain (9000–3000 cal BC). Funerary Practices in the Iberian Peninsula from the Mesolithic to the Chalcolithic*. BAR International Series 2417, 7-20.
- Arias Cabal, P., 2012b. Después de Los Azules. Las prácticas funerarias en las sociedades mesolíticas de la región cantábrica, in: Muñiz Álvarez, J.R. (Ed.), *Ad Orientem: del final del Paleolítico en el Norte de España a las primeras civilizaciones del Oriente Próximo: estudios en homenaje a Juan Antonio Fernández-Tresguerres Velasco*. Oviedo: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Oviedo, Pola de Siero, Asturias: Ménsula, pp. 253-274.
- Arias, P., Garralda, M.D., 1996. Mesolithic burials in Los Canes cave (Asturias, Spain). *Journal of Human Evolution* vol.11 nº2, 129-138.
- Arias, P., Cubas, M., 2018. Muerte y ritual en el Neolítico del noroeste ibérico: El megalitismo y otras manifestaciones del comportamiento funerario de las sociedades de los milenios V y IV aC en la región cantábrica y Galicia, in: Senna-Martínez, J.C., Diniz, M., Carvalho, A.F. (Eds.), *De Gibraltar aos Pirenéus-Megalitismo, Vida e Morte na Fachada Atlântica Peninsular*. Fundação Lapa do Lobo, Nelas, pp. 133-154.
- Arias Cabal, P., Armendáriz Gutiérrez, A., Teira Mayolini, L.C., 2005. El fenómeno megalítico en la región Cantábrica. Estado de la cuestión, in: Ontañón Peredo, R., García-Moncó Piñeiro, C., Arias Cabal, P. (Eds.), *Actas del III Congreso del Neolítico en la Península Ibérica*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cantabria, Santander, pp. 751-759.
- Arias, P., Armendariz, A., de Balbín, R., et al., 2009. A view from the edges: the Mesolithic settlement of the interior areas of the Iberian Peninsula reconsidered, in: McCartan, S., Schulting, R., Warren, G., Woodman, P. (Eds.), *An offprint from Mesolithic Horizons vol. II, Papers presented at the Seventh International Conference on the Mesolithic in Europe (Belfast 2005)*. Oxbow Books, Oxford, pp.650-656.
- Arias Cabal, P., Bodalo del Castillo, R., Cubas Morera, M., Fano, M.A., Núñez de la Fuente, S., López Sáez, J.A., 2018. El Mesolítico y la Prehistoria Reciente en el valle del Sella, en: Álvarez-Fernández, E., Jordá Pardo, J.F. (Eds.), *El poblamiento prehistórico en el valle del Sella. Cincuenta años del descubrimiento de la cueva de Tito Bustillo y 60 de las primeras intervenciones del profesor Francisco Jordá en las cuevas de El Cierro y Cova Rosa (Ribadesella, Asturias)*. Asociación Cultural Amigos de Ribadesella, Ediciones Universidad de Salamanca y UNED editorial, Ribadesella, Asturias, pp. 125-146.
- Armendariz, A., 1987. Excavación de la cueva sepulcral Iruaxpe I (Aretxabaleta, Guipúzcoa). *Munibe (Antropología-Arkeología)* 39, 67-92.

- Armendariz, A., 1989. Excavación de la cueva sepulcral Urtao II (Oñati, Guipúzcoa). *Munibe (Antropología-Arkeología)* 41, 45-86.
- Armendariz, A., 1990. Las cuevas sepulcrales en el País Vasco. *Munibe (Antropología-Arkeología)* 42, 153-160.
- Armendariz, A., 1992. La idea de la muerte y los rituales funerarios durante la Prehistoria del País Vasco. *Munibe Suplemento* 8, 13-32.
- Armendariz Gutiérrez, A., 1997. Neolítico y Calcolítico en el País Vasco Peninsular. *Isturitz: Cuadernos de prehistoria-arqueología* nº7, 23-36.
- Armendariz, A., 1999. *La muerte antes de la historia: ritos y prácticas funerarias en épocas prehistóricas*, in: Banco Bilbao Bizkaia Argentaria (Ed.), *El Campo de las Ciencias y las Artes* 136, pp. 10-28.
- Armendariz, A., 2007. Las dataciones radiocarbónicas, en: Vegas, J.I. (Ed.), *San Juan ante Portam Latinam: una inhumación colectiva prehistórica en el valle medio del Ebro*. Diputación Foral de Álava, Vitoria, pp. 101-106.
- Armendariz, A., Etxeberria, F., 1983. Las cuevas sepulcrales de la Edad del Bronce en Guipúzcoa. *Munibe (Antropología-Arkeología)*, 247-354.
- Armendariz, A., Etxeberria, F., 1995. Revisión del fenómeno funerario en las cuevas sepulcrales del País Vasco, in: Bertranpetit, J., Vives, E. (Ed.), *Muntayes i Població. El passat dels Pirineus des d'una perspectiva multidisciplinària*. Centre de Trobada de les Cultures Pirinenques. Govern d'Andorra, Andorra, pp. 75-83.
- Armendariz, A., Etxeberria, F., 1996. Excavación de la cueva sepulcral de Arantzazu (Oñati, Gipuzkoa). *Munibe (Antropología-Arkeología)* 48, 53-58.
- Armendariz, A., Etxeberria, F., Herrasti, L., 1998. Excavación de la cueva sepulcral Nardakoste IV (Oñati, Guipuzkoa). *Munibe (Antropología-Arkeología)*, 111-120.
- Armentano, N., Malgosa Morera, A., 2002. Enterramientos primarios versus enterramientos secundarios, in: Malgosa Morera, A., Nogués, R. M., Aluja, M. P. (Eds.), *Antropología y biodiversidad*. Bellaterra Edicions I., Barcelona, pp. 39-49.
- Armentano, N., Jordana, X., Malgosa, A., 2014. Estudio tafonómico e interpretación del gesto funerario de los restos óseos de la Cova de Montanissell (Alt Urgell, Lleida), *Trabajos de Prehistoria* 71 nº1, pp. 156-172.
- Arribas Pastor, J.L., 1997. Materiales de época romana de la Cueva de Lumentxa (Lekeitio, Bizkaia). *Isturitz: Cuadernos de prehistoria-arqueología*, 643-656.
- Arribas Pastor, J.L., Berganza Gochi, E., 2018. Excavaciones en la cueva de Lumentxa (Lekeitio, Bizkaia) Campañas de 1984 a 1993. *Kobie (Serie Paleoantropología)* 36, 1-26.
- Arrizabalaga, A., Rios-Garaizar, J., 2012. The First Human Occupation of the Basque Crossroads. *Journal of World Prehistory* 25, 157-181.
- Ascough, P.L., Cook, G.T., Dugmore, A.J., et al., 2007. The North Atlantic marine reservoir effect in the Early Holocene: implications for defining and understanding MRE values. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interaction with Materials and Atoms* 259, 438-447.
- Auerbach, B.M., Ruff, C.B., 2004. Human body mass estimation: A comparison of "morphometric" and "mechanical" methods. *American Journal of Physical Anthropology* 125, 331-342.
- Auerbach, B.M., Ruff, C.B., 2006. Limb bone bilateral asymmetry: variability and commonality among modern humans. *Journal of Human Evolution* 50, 203-218.
- Bañuls-Cardona, S., López-García, J.M., Vergès, J.M., 2013. Palaeoenvironmental and Palaeoclimatic Approach of the Middle Bronze Age (Level Mir 4) from El Mirador Cave (Sierra de Atapuerca, Burgos, Spain), *Quaternaire* 24, 217-223.
- Bañuls-Cardona, S., López-García, J.M., Morales Hidalgo, J.I., et al., 2017. Lateglacial to Late Holocene palaeoclimatic and palaeoenvironmental reconstruction of El Mirador cave (Sierra de Atapuerca, Burgos, Spain) using the small-mammal assemblages. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 471, 71-81.
- Barandiarán, J.M., 1964. Arqueología de Vizcaya. Excavaciones en Atxuri (1ª parte de la segunda campaña). *Noticiero Arqueológico Hispánico, Cuadernos* 1-3, 375-384.
- Barandiarán, J.M., 1966. Excavaciones en Lumentxa (Campaña 1964). *Noticiero Arqueológico Hispánico* 8/9, 24-32.
- Barandiarán, J.M., 1969. Excavaciones en Abittaga (Amoroto-Vizcaya). Campaña de 1965, *Noticiero Arqueológico Hispánico* X-XI y XII, 280-287.

- Barandiarán, J.M., 1971. Excavaciones en Abittaga (Amoroto-Vizcaya). Campaña de 1966, *Noticiario Arqueológico Hispánico* XIII-XIV, 291-306.
- Barandiarán Maestu, I., 1967. El Paleomesolítico del Pirineo Occidental: Bases para una sistematización del Material Oseo Paleolítico. *Monografías Arqueológicas* vol. 3, Zaragoza.
- Barandiarán I., 1982. Los comienzos del Holoceno en la Prehistoria Vasca. Algunas reflexiones. *Zainak. Cuadernos de Antropología-Etnografía* nº1, 237-258.
- Barandiarán I., 1989. *La Prehistoria vasca hoy: valoración crítica*. Lección inaugural Curso académico 89-90, Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea, Serv. Ed. U.P.V.
- Barandiarán, I., 2015. El Paleolítico y el Mesolítico, en: Barandiarán, I., Martí, B., del Rincón, M.A., Maya, J.L. (Eds.), *Prehistoria de la Península Ibérica*. Ariel Historia, Barcelona, pp. 17-154.
- Baraybar, J.P., De la Rúa, C., 1995. Estudio antropológico de la población de Pico Ramos (Muskiz, Bizkaia). Consideraciones sobre la demografía, salud y subsistencia. *Munibe (Arkeologia-Antropologia)* 47, 151-175.
- Barnolas, A., Pujalte, V., 2004. La Cordillera Pirenaica en: Vera, J.A. (Ed.), *Geología de España*. SGE-IGME, Madrid, pp. 233-343.
- Basabe, J.M., 1962. Nota previa sobre los cráneos de los dólmenes de Peciña y Alto de la Huesera. *Anuario de EuskoFolklore* 19, 223-225.
- Basabe, J.M., 1966. El húmero premusteriense de Lezetxiki (Guipúzcoa). *Munibe* 18, 13-32.
- Basabe, J.M., 1967. Restos humanos de algunas cuevas sepulcrales de Álava. *Estudios de Arqueología Alavesa* 2, 49-99.
- Basabe, J.M., 1970. Dientes humanos del paleolítico de Lezetxiki (Mondragón). *Munibe año XXII nº ¾*, 113-124.
- Basabe, J.M., 1971. Restos humanos del yacimiento de Marizulo. *Munibe* 23, 105-124.
- Basabe, J.M., 1973. Dientes humanos del Musteriense de Axlor (Dima-Vizcaya). *Trabajos de Antropología* 16 (4), 187-207.
- Bass, W., 2005. *Human Osteology: A Laboratory and Field Manual*, fifth ed. Missouri Archeological Society, Columbia.
- Begiristain, M.A., 1997. Nuevas dataciones para la prehistoria de Navarra. *Cuadernos de Arqueología de la Universidad de Navarra* 5, 31-40.
- Beguristain Gurpide, M.A., 2011. Un caso de espina bífida en la población del dolmen de Aizibita (Cirauqui, Navarra). *Cuadernos de arqueología de la Universidad de Navarra* nº19, 253-257.
- Benito-Calvo, A., Ortega, A.I., Navazo, M., et al., 2018. Evolución geodinámica pleistocena del valle del río Arlanzón: implicaciones en la formación del sistema endokárstico y los yacimientos al aire libre de la Sierra de Atapuerca (Burgos, España). *Boletín Geológico y Minero* 129 (1/2), 59-82.
- Berganza, E., 2005. El tránsito del Tardiglacial al Holoceno en el País Vasco. *Munibe (Arkeologia-Antropologia)* 57, 249-258.
- Berganza, E., Ruiz, R., 2004. *Una piedra, un mundo: un percutor magdaleniense decorado*. Diputación Foral de Álava, Vitoria-Gasteiz
- Berganza, E., Arribas, J.L., Castaños, P., et al., 2012. La transición al tardiglacial en la costa oriental de Bizkaia: el yacimiento de Santa Catalina. Resultados preliminares en: Arias, P., Corchón, M.S., Menéndez, M., Rodríguez, J.A. (Eds.), *El Paleolítico Superior Cantábrico. Actas de la Primera Mesa Redonda. San Román de Candamo (Asturias)*. PubliCan-Ediciones de la Universidad de Cantabria, Santander, pp. 171-182.
- Bergström, A., Frantz, L., Schmidt, R., et al., 2020. Origins and genetic legacy of prehistoric dogs. *Science* 370, 557-564.
- Bermúdez de Castro, J.M., 1995. Determinantes de la variabilidad de los dientes en homínidos. *Coloquios de Paleontología* nº47, 117-132.
- Bertram, J.E., Swartz, S.M., 1991. The "law of bone transformation": a case of crying Wolff? *Biological reviews of the Cambridge Philosophical Society* 66: 245-273.
- Blanc, C., 1989. Grotte Laplace (Arudy, Pyrénées Atlantiques), Premiers résultats du sondage. *Archéologie des Pyrénées occidentales* 9, 103-106.
- Bisbal-Chinesta, J.F., Bañuls-Cardona, S., Fernández-García, M., et al., 2020. Elucidating anuran accumulations:

- massive taphocenosis of tree frog *Hyla* from the Chalcolithic of El Mirador cave (Sierra de Atapuerca, Spain). *Journal of Archaeological Science: Reports* 30, 102277.
- Blasco, A., Edo, M., Villalba, M.J., 2005. Cardial, epicardial y postcardial en Can Sadurní (Begues, Baix Llobregat). In: Arias, P., Ontañon, R., Garcia-Moncó, C. (Eds.), *III Congreso del Neolítico en la Península Ibérica*. Universidad de Cantabria, Servicio de Ediciones, Santander, pp. 867–878.
- Blasco, A., Edo, M., Villalba, M.J., 2011. La cova de Can Sadurní i la prehistòria de Garraf. Recull de 30 anys d'investigació. Hugony Editore, Milano (Collecciò Actes). *Actes de les Jornades Internacionals de Prehistòria "El Garraf, 30 anys d'investigació arqueològica"*, celebrades a Begues del 5 al 7 de desembre de 2008.
- Bodego Aldasoro, A., López-Horgue, M.A., 2018. Geología de los Pirineos occidentales: evolución ambiental a través de sus rocas y fósiles, in: Badiola, A., Gómez-Olivencia, A., Pereda Suberbiola, X. (Eds.), *Registro fósil de los Pirineos occidentales: bienes de interés paleontológico y geológico*. Proyección social. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco, Vitoria-Gasteiz, pp. 35-52.
- Bodego, A., Aranburu, A., Iriarte, E., et al., 2018. Primeros datos de hidrotermalismo cretácico en el margen oriental de la Cuenca Vasco-Cantábrica. *Geogaceta* 64, 35-38.
- Borzenkova, I., Zorita, E., Borisova, O., et al., 2015. Climate change during the Holocene (Past 12,000 years), in: Bolle, H.-J., Menenti, M., Ichtiague Rasool, S., (Eds.), *Second Assessment of Climate Change for the Baltic Sea Basin*, SpringerOpen, Geesthacht, pp. 25-49.
- Bronk Ramsey, C., 1998. Probability and dating. *Radiocarbon* 40, 461-474.
- Bronk Ramsey, C., 2009. Bayesian analysis of radiocarbon dates. *Radiocarbon* 51, 337-360.
- Brooks, S., Suchey, J.M., 1990. Skeletal age determination based on the os pubis: A comparison of the Acsádi-Nemeskéri and Suchey-Brooks methods. *Journal of Human Evolution* 5, 227–238
- Buchner, E., Kröcher, J., Schmieder, M., 2015. An updated and refined Holocene uplift history of southern Tenerife (Canary Islands) and the possible consequences for future volcanic activity. *Geological Magazine* vol. 152 issue 6, 1-8.
- Buikstra, J.E., Ubelaker, D.H., 1994. *Standards for data collection from human skeletal remains*. Arkansas archaeological survey research series vol. 44., Fayetteville.
- Cabanes, D., Burjachs, F., Expósito, I., et al., 2009. Formation processes through archaeobotanical remains: The case of the Bronze Age levels in El Mirador cave, Sierra de Atapuerca, Spain. *Quaternary International*, 193: 160-173.
- Cabrera Jiménez, C., Galera Olmo, V., Heras Martínez, C. M., 2012. El Campaniforme en la submeseta sur: Estudio antropológico de los restos esqueléticos de la Magdalena I (Alcalá de Henares). *Actas de las novenas jornadas de Patrimonio Arqueológico en la Comunidad de Madrid*, 127-136.
- Cáceres, I., Lozano, M., Saladié, P., 2007. Evidence for bronze age cannibalism in El Mirador Cave (Sierra de Atapuerca, Burgos, Spain). *American Journal of Physical Anthropology* 133, 899-917.
- Calderón, R., Rebato, E., 1997. Historia de la antropología biológica en el País Vasco. *Revista internacional de los estudios vascos* vol.42 n°1, 45-62.
- Camarero Arribas, C., Arévalo Muñoz, E., 2018. Las técnicas decorativas del campaniforme marítimo en el centro-norte peninsular a partir de nuevos hallazgos en el yacimiento de los Husos I (Laguardia, Álava). *Zephyrus* LXXXI, 47-70.
- Cameron, M.E., Pfeiffer, S., 2014. Long bone cross-sectional geometric properties of Later Stone Age foragers and herder-foragers. *South African Journal of Science* 110, 1-11.
- Cameron, M.E., Stock, J.T., 2018. Ecological variation in Later Stone Age southern African biomechanical properties. *Journal of Archaeological Science: Reports* 17, 125-136.
- Campillo, D., 1993. *Paleopatología. Los primeros vestigios de la enfermedad*. Fundación Uriach 1838, Barcelona.
- Calderón, R., 1988. Sobre el estado de las investigaciones antropológicas en vascos y de las tareas del porvenir. *Munibe* 6, 217-228.
- Carrancho, Á., Villalain, J.J., Angelucci, D.E., et al., 2009. Rock-magnetic analyses as a tool to investigate archaeological fired sediments: a case study of Mirador cave (Sierra de Atapuerca, Spain). *Geophysical Journal International* 179 (1), 79-96.
- Cardoso, H.F.V., Gomes, J.E.A., 2009. Trends in adult stature of peoples who inhabited the modern Portuguese territory from the Mesolithic to the late 20th century. *International Journal of Osteoarchaeology* 19 (6), 711-725.

- Cardoso, H.F.V., Ríos, L., 2011. Age estimation from stages of epiphyseal union in the presacral vertebrae. *American Journal of Physical Anthropology* 144, 238-247.
- Carlson, K.J., Marchi, D., 2018. Introduction: towards refining the concept of mobility, in: Carlson, K.J., Marchi, D. (Eds.), *Reconstructing mobility. Environmental, behavioral and morphological determinants*. Springer, New York, pp. 1-12.
- Cartron, I., Castex, D., 2006. L'occupation d'un ancien îlot de l'estuaire de la Gironde: du temple antique à la chapelle Saint-Siméon (Jau-Dignac et Loirac). *Aquitania: revue interrégionale d'archéologie* 22, 253-282.
- Cartron, I., Castex, D., 2010. *Du temple antique à la chapelle Saint-Siméon. L'occupation d'un îlot du rivage de l'estuaire de la Gironde*, Rapport final d'opération, Volume 2, Service Régional de l'Archéologie d'Aquitaine, Bordeaux.
- Castañeira Pérez, N., 2014-2015. *El fenómeno megalítico en la Rioja Alavesa: descubrimientos, características y cronología*. Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea, Vitoria-Gasteiz.
- Castaños, P., 1986. *Los Macromamíferos del Pleistoceno y Holoceno de Vizcaya. Faunas asociadas a los yacimientos arqueológicos*. PhD Dissertation, Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibertsitatea.
- Castilla, M., Carretero, J.-M., Gracia, A., et al., 2014. Evidence of rickets and/or scurvy in a complete Chalcolithic child skeleton from el Portalón site (Sierra de Atapuerca, Spain). *Journal of Anthropological Sciences* vol. 92, 257-271.
- Cava, A., 1978. El depósito arqueológico de la cueva de Marizulo (Guipúzcoa). *Munibe (Antropología-Arkeologia)* 30, 155-172.
- Cava, A., 1990. El Neolítico en el País Vasco. *Munibe (Antropología-Arkeologia)* 42, 97-106.
- Cearreta, A., 2015. La definición geológica del Antropoceno según el Anthropocene Working Group (AWG). *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* vol. 23 nº 3, 263-271.
- Cearreta, A., Irabien, M.J., Gómez Arozamena, J., et al., 2019. Evolución ambiental de los estuarios del geoparque de la costa vasca durante el Holoceno y el Antropoceno en: Cearreta, A., Arrizabalaga, A., De la Rúa, C., Bodego, A., García-Artola, A., García-Díez, M., Irabien, M.J., Izagirre, N., Pascual, A., Rodríguez-Lázaro, J., Silva, P.G. (Eds.), *XV Reunión Nacional de Cuaternario*. Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea, Bilbao, pp. 87-90.
- Cebrià, A., Fullola, J.M., López-Onaindia, D., et al., 2013. *La Cova sepulcral del Pantà de Foix (Castellet i la Gornal). De jaciment arraconat a jaciment modèlic. III Trobada d'Estudiosos del Foix*. Col·lecció Documents de Treball. Sèrie Territori, núm. XX. Diputació de Barcelona, Barcelona, pp. 184-194
- Ceperuelo, D., Lozano, M., Duran-Sindreu, F., et al., 2014. Root canal morphology of Chalcolithic and Early Bronze Age human populations of El Mirador Cave (Sierra de Atapuerca, Spain). *The Anatomical Record* 297, 2342-2348.
- Ceperuelo, D., Lozano, M., Duran-Sindreu, F., et al., 2015. Supernumerary fourth molar and dental pathologies in a Chalcolithic individual from the El Mirador cave (Sierra de Atapuerca, Burgos). *Homo - Journal of Comparative Human Biology* 66, 15-26.
- Cervera, J., 2010. Breve reseña sobre métodos para datación arqueológica. *Estrat Critic: Revista d'Arqueologia* nº 4, 91-99.
- Cervera, J., Arsuaga, J.L., Bermúdez de Castro, J.M., et al., 1998. *Atapuerca. Un millón de años de historia*. Plot Ediciones S.A. y Editorial Complutense, Madrid.
- Costamagno, S., Barshay-Szmidt, C., Kuntz, D., et al., 2016. Reexamining the timing of reindeer disappearance in southwestern France in the larger context of late glacial faunal turnover. *Quaternary International* 414, 34-61.
- Courtaud, P., Dumontier, P., Armand, D., et al., 2018. L'occupation Funéraire du bassin d'Arudy (Pyrénées-Atlantiques) au Néolithique moyen et final. *Actes des 12 Rencontres Méridionales de Préhistoire Récente*, 77-87.
- Cox, S.L., Ruff, C.B., Maier, R.M., et al., 2019. Genetic contributions to variation in human stature in prehistoric Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 116, 21484-21492.
- Crétot, M. 1978. *L'arcade dentaire humaine: morphologie*, in: Prélat, J. (Ed.). Paris.
- Cubas, M., 2013. *La aparición de la tecnología cerámica en la región cantábrica*. BAR International Series 2566, Oxford.
- Cubas, M., Altuna, J., Alvarez-Fernández, E., et al., 2016. Re-evaluating the Neolithic: the impact and the consolidation of farming practices in the Cantabrian region (northern Spain). *Journal of World Prehistory* 29, 79-116.

- Daura, J., Sanz, M., Oms, F.X., et al., 2019. Deciphering neolithic activities from a cardial burial site (cova Bonica) on the western Mediterranean coast. *Journal of Archaeological Sciences: Reports* 23, 234–237.
- Davies, T.G., Shaw, C.N., Stock, J.T., 2012. A test of a new method and software for the rapid estimation of cross-sectional geometric properties of long bone diaphyses from 3D laser surface scans. *Archaeological and Anthropological Sciences* 4, 277-290.
- Davies, T.G., Stock, J.T., 2014. The influence of relative body breadth on the diaphyseal morphology of the human lower limb. *American Journal of Human Biology* 26, 822-835.
- Dawson, J.E., Trinkaus, E., 1997. Vertebral osteoarthritis of the La Chapelle-aux-Saints 1 Neanderthal. *Journal of Archaeological Science* 24, 1015-1021.
- Dean, J.R., Leng, M.J., Mackay, A.W., 2014. Is there an isotopic signature of the Anthropocene? *The Anthropocene Review* vol. 1 (3), 276-287.
- Deguilloux, M.-F., Pemonge, M.-H., Mendisco, F., et al., 2014. Ancient DNA and kinship analysis of human remains deposited in Merovingian necropolis sarcophagi (Jau Dignac et Loirac, France, 7th–8th century AD). *Journal of Archaeological Science* 41, 399-405.
- de Arregi, G. (1994). In memoriam de nuestro maestro don José Miguel de Barandiarán. *Cuadernos de Sección. Antropología-Etnografía*, 10, 11-16.
- del Rincón, M.A., 2015. El Calcolítico y la Edad del Bronce, en: Barandiarán, I., Martí, B., del Rincón, M.A., Maya, J.L. (Eds.), *Prehistoria de la Península Ibérica*. Ariel Historia, Barcelona, pp. 249-384.
- de la Rúa, C. 1985. *El cráneo vasco: morfología y factores craneofaciales*. Diputación Foral de Bizkaia, Bilbao.
- de la Rúa, C., 1990. Los estudios de Paleoantropología en el País Vasco. *Munibe* 42, 199-219.
- de la Rúa, C., Basabe, J.M., 1983. Evaluation of sexual dimorphism of Basque skull. *Anthropos* 10, 271-286.
- de la Rúa, C., Hervella, M., 2019. Antropología física. La investigación en antropología física en: Cearreta, A. (Ed.), *Kuaternario. 100 años de investigación cuaternaria*. Aranzadi Zientzia Elkarte, Bilbao, pp. 86-105.
- de la Rúa, C., Cuende, M., Durán, L.M., et al., 1997. Estudio antropológico de los restos humanos del yacimiento de Urratxa III (Orozko, Bizkaia), in: Muñoz Salvatierra, M., Berganza, E. (Eds.), *El yacimiento de la cueva de Urratxa III (Orozko, Bizkaia)*. Universidad de Deusto, Bilbao, pp. 207-241.
- de la Rúa, C., Baraybar, J.P., Iriondo, M., et al., 2002. Estudio antropológico del esqueleto mesolítico de Aizpea en: Barandiarán, I., Cava, A. (Eds.), *Cazadores recolectores en el Pirineo Navarro. El sitio de Aizpea entre 8000 y 6000 años antes de ahora*. Veleia anejos serie mayor 10, Vitoria, pp. 363-429.
- de la Rúa, C., Alonso, S., Izagirre, N., 2005. Tradición e Innovación de la Antropología Física en el País Vasco. *Munibe (Antropología-Arkeología)* 57, 315-326.
- de la Rúa, C., Hervella, M., Alonso, S., et al., 2010. ADN antiguo y Neolitización. *Revista Española de Antropología Física* 31, 193-203.
- de la Rúa, C., Izagirre, N., Alonso, S., et al., 2015. Ancient DNA in the Cantabrian fringe populations: a mtDNA study from Prehistory to Late Antiquity. *Quaternary International* 364, 306-311.
- Díaz-Zorita, M. 2013. *The Copper-Age in South-west Spain: a Bioarchaeological approach to prehistoric social organisation*. PhD dissertation. University of Durham, Durham.
- Díez Fernández-Lomana, J.C., Navazo Ruiz, M., Alonso Alcalde, R., et al., 2014. *Guía gráfica de Atapuerca*. Universidad de Burgos y Diario de los yacimientos de la Sierra de Atapuerca, Burgos.
- d’Incau, E., Couture, C., Crépeau, N., et al., 2015. Determination and validation of criteria to define hypercementosis in two medieval samples from France (Sains-en-Gohelle, AD 7th–17th century; Jau-Dignac-et-Loirac, AD 7th–8th century). *Archives of Oral Biology* 60, 293-303.
- Doube, M., Klosowski, M., Arganda-Carreras, I., et al., 2010. BoneJ: Free and extensible bone image analysis in ImageJ. *Bone* 47, 1076-1079.
- Drak, L., Garralda, M.D., 2009. Restos humanos mesolíticos en la Cordillera Cantábrica (Norte de España). *Estudios de Antropología Biológica* XIV-I, 261-282.
- Duday, H., 2011. *The Archaeology of the Dead: Lectures in Archaeoanthatology*. Oxbow Books, Oxford.
- Dumontier, P., Courtaud, P., Armand, D., et al., 2014. *La grotte de Boredela et les cavités sépulcrales d’Arudy, Pyrénées Atlantiques. Rapport de fouille programmée annuelle, inédit*, Bordeaux: Service régional de l’archéologie

- d'Aquitaine.
- Dumontier, P., Courtaud, P., Ferrier, C., et al., 2016. Les sépultures saisonnières d'altitude à l'âge du Bronze: l'exemple des Pyrénées occidentales. in: Cauliez, J., Sénépart, I., Jallot, L., de Labriffe, P.A., Gilabert, C., Gutherz, X. (dirs.), *De la tombe au territoire et actualités de la recherche, Actes des 11e rencontres méridionales de Préhistoire récente*, Montpellier, 25-27 septembre 2014. Archives d'écologie préhistorique, pp. 153-164.
- Ébrard, D., 2013. *50 ans d'archéologie en Soule. Hommage à Pierre Boucher (1909-1997)*. Mauléon, Ikertzaileak.
- Edeso-Fito, J., Mujika Alustiza, J., 2017. Estudio de patrones espaciales y de reconstrucción paisajística mediante el uso de sistemas de información geográfica (Praileaitz I, Deba, Gipuzkoa). *Munibe Monographs: Anthropology and Archaeology Series 1*, 171-191.
- Edo, M., Antolín, F., Martínez, P., et al., 2019. La Cueva de Can Sadurní (Begues, Barcelona): el episodio funerario del neolítico antiguo cardial pleno. Estado actual de la cuestión. In: Gibaja, J.F., Mozota, M., Subirà, M.E., Martín, A. (Eds.), *Mirando la muerte. Las prácticas funerarias durante el neolítico en el noroeste peninsular*. E-Dit-ARX, publicaciones digitales, 3. E-Dit-ARX, publicaciones digitales, Akademos, pp. 205-304.
- Etxeberria, F., 1984. Estudio de la Patología ósea en poblaciones de época Altomedieval en el País Vasco: Santa Eulalia y los Castros de Lastra. *Cuadernos de Sección Medicina 1*, 1-200.
- Etxeberria, F., 1986. Paleopatología de los restos humanos de la Edad de Bronce procedentes de Gobaderra (Álava). *Munibe (Antropología-Arkeologia) 38*, 3-17.
- Etxeberria, F., 1987. Los restos humanos de la cueva sepulcral de Iruaxpe I (Aretxabaleta, Guipúzcoa). *Munibe (Antropología-Arkeologia) 39*, 77-79.
- Etxeberria, F., 1989. Restos humanos de época calcolítica procedentes de la cueva sepulcral de Urtao II (Oñati, Guipúzcoa). *Munibe (Antropología-Arkeologia) 41*, 63-70.
- Etxeberria, F., 1990. Los estudios de Paleopatología en el País Vasco. *Munibe (Antropología-Arkeologia) 42*, 21-227.
- Etxeberria, F., 1991. *La enfermedad, desde la Prehistoria a la Edad Media en el País Vasco, a través de los estudios de paleopatología*. Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea, San Sebastián.
- Etxeberria, F., Vegas, J.I., 1988. ¿Agresividad o guerra? durante el Neo-enolítico en la cuenca media del Valle del Ebro, a propósito de S. Juan ante Portam Latinam (Rioja Alavesa). *Munibe Suplemento 6*, 105-112.
- Etxeberria, F., Herrasti, L., 2007. Los restos humanos del enterramiento de SJAPL: caracterización de la muestra, tafonomía, paleodemografía y paleopatología, en: Vegas Aramburu, J.I. (Ed.), "San Juan Ante Portam Latinam: una inhumación colectiva prehistórica en el valle medio del Ebro: memoria de las excavaciones arqueológicas, 1985, 1990 y 1991". Arabako Foru Aldundia, Kultura eta Euskara Saila /Diputación Foral de Alava, Departamento de Cultura y Euskera, Vitoria-Gasteiz, pp. 159-282.
- Euskal Arkeologia Etnografía eta Kondaira Museoa/Museo Arqueológico, Etnográfico e Histórico Vasco, 1995. *Txostena 1994 Memoria*. Bizkaiko Foru Aldundia-Diputación Foral de Bizkaia, Bilbao.
- Expósito, I., Burjachs, F., 2016. Taphonomic approach to the palynological record of burnt and unburnt samples from El Mirador Cave (Sierra de Atapuerca, Burgos, Spain). *Quaternary International 414*, 258-271.
- Fabian García, J.F., Blanco González, A., 2012. Cuatro enterramientos calcolíticos en hoyo del Cerro de la Cabeza (Ávila). *Complutum vol. 23 (1)*, 99-120.
- Fallon, S. J., 2011. Radiocarbon (¹⁴C): Dating and corals, in: Hopley D. (Ed.), *Encyclopedia of Modern Coral Reefs. Encyclopedia of Earth Sciences Series*. Springer, Dordrecht.
- Fano, M., 1996. El mesolítico en Asturias: delimitación cronológica y espacial. *Complutum 7*, 51-62.
- Fano Martínez, M. A., 2004. Un nuevo tiempo: el Mesolítico en la región cantábrica en: Fano Martínez, M. A. (Ed.), *Las Sociedades del Paleolítico en la Región Cantábrica*. Kobie Anejo 8, Bilbao, pp. 337-401.
- Fano, M.A., 2005. The use of marine resources by the Mesolithic and Early Neolithic societies of Cantabrian Spain: the current evidence in: Milner, N., Craig, O.E., Bailey, G.N. (Eds.), *Shell middens in Atlantic Europe*. Oxbow Books, Oxford, pp. 136-149.
- Fano, M.A., Gutiérrez-Zugasti, I., Álvarez-Fernández, E., et al., 2013. Late Glacial and postglacial use of marine resources in the Bay of Biscay, North Spain in: Bailey, G.N., Hardy, K., Camara, A. (Eds.), *Shell energy: mollusc shells as coastal resources*. Oxbow Books, Oxford, pp. 155-166.
- Fano, M.Á., Cubas, M., Wood, R., 2015. The first farmers in Cantabrian Spain: Contribution of numerical chronology to understand an historical process. *Quaternary International 364*, 153-161.

- Fernández, F., 1971. Aportación al descubrimiento de nuevas pinturas parietales en el País Vasco. *Munibe (Antropología-Arkeología)* 2-3, 399-404.
- Fernández-López, S.R., 2000. *Temas de tafonomía*. Departamento de Paleontología, Universidad Complutense de Madrid, Madrid.
- Fernández, E., 2005. *Polimorfismos de DNA mitocondrial en poblaciones antiguas de la Cuenca Mediterránea*. Universidad de Barcelona, Barcelona.
- Fernández-Crespo, T., 2007. Final neolithic multiple burials in the upper Ebro valley: the case of San Juan Ante Portam Latinam (Basque Country, Spain). *EAA Summer School eBook* 1, 55-63.
- Fernández-Crespo, T., 2010. Caracterización antropológica y tratamiento funerario de las poblaciones del Neolítico a la Edad del Bronce en la comarca de La Rioja: estado de la cuestión. *Munibe (Suplemento)* 32, 414-424.
- Fernández-Crespo, T., 2015. New evidence of early chalcolithic interpersonal violence in the Middle Ebro Valley (Spain): two arrowhead injuries from the swallet of Las Yurdinas II. *International Journal of Osteoarchaeology* 27, 76-85.
- Fernández-Crespo, T., 2016. El papel del fuego en los enterramientos neolíticos finales/ calcolíticos iniciales de los abrigos de la Sierra de Cantabria y sus estribaciones (valle medio-alto del Ebro). *Trabajos de prehistoria* 73, 128-146.
- Fernández-Crespo, T., de la Rúa, C., 2015. Demographic evidence of selective burial in megalithic graves of Northern Spain. *Journal of Archaeological Science* 53, 604-617.
- Fernández-Crespo, T., de la Rúa, C., 2016. Demographic differences between funerary caves and megalithic graves of Northern Spanish Late Neolithic/Early Chalcolithic. *American Journal of Physical Anthropology* 160, 284-297.
- Fernández-Crespo, T., Schulting, R.J., 2017. Living different lives: Early social differentiation identified through linking mortuary and isotopic variability in Late Neolithic/ Early Chalcolithic north-central Spain. *PLOS ONE* 12, e0177881.
- Fernández-Crespo, T., Mujika, J.A., Ordoño, J. 2016. Aproximación al patrón alimentario de los inhumados en la cista de la Edad del Bronce de Ondarre (Aralar, Guipúzcoa) a través del análisis de isótopos estables de carbono y nitrógeno sobre colágeno óseo. *Trabajos de Prehistoria* 73 nº2, 325-334.
- Fernández-Crespo, T., Schulting, R.J., Ordoño, J., et al., 2018. New radiocarbon dating and demographic insights into San Juan Ante Portam Latinam, a possible Late Neolithic war grave in North-Central Iberia. *American Journal of Physical Anthropology* 166 (3), 760-771.
- Fernández-Crespo, T., Schulting, R.J., Ordoño, J., et al., 2019. Isotopic evidence of strong reliance on animal foods and dietary heterogeneity among Early-Middle Neolithic communities of Iberia. *Archaeological and Anthropological Sciences* 11, 5463-5481.
- Fernández-Crespo, Ordoño, J., Schulting, R.J., 2021. Subsistence shift and socio-economic response to cultural and climate changes among north-central Iberian megalithic groups. *Journal of Archaeological Science* 133, 105451.
- Fernández-Eraso, J., 1997. *Peña Larga: Memorias de Yacimientos Alaveses 4*. Diputación Foral de Álava, Vitoria-Gasteiz.
- Fernández-Eraso, J., 2003. Las Yurdinas II: *Un depósito entre finales del IV y comienzos del III milenio BC*. Memorias de Yacimientos Alaveses 8. Diputación Foral de Álava, Vitoria-Gasteiz.
- Fernández-Eraso, J., Mujika Alustiza, J.A., 2013. La estación megalítica de la Rioja Alavesa: Cronología, orígenes y ciclos de utilización. *Zephyrus: Revista de Prehistoria y arqueología* nº71, 89-106.
- Fernández-Eraso, J., Arévalo-Muñoz, E., Camarero Arribas, C., et al., 2016. Estela decorada en el dolmen del alto de la Huesera (Laguardia, Álava). *Zephyrus: Revista de Prehistoria y arqueología* nº78, 19-33.
- Fernández-Treguerres Velasco, J. A., 2004. El final del Paleolítico en los espacios cantábricos: el Aziliense. *Kobie (Serie Anejos)* nº8, 309-336.
- Feucht, M.J.M., Villalán Blanco, J.D., Negre Muñoz, M-C, et al. 1999. Estudio antropológico y paleopatológico de los restos óseos del yacimiento neolítico de Villanueva de la Fuente (Ciudad Real). *SAGVNTVM Extra* 2, 379-385.
- France, H.M., 1983. *Sexual dimorphism in the human humerus*. University of Colorado, Colorado.
- Fox, C.L., 1996. Physical anthropological aspects of the Mesolithic-Neolithic transition in the Iberian Peninsula. *Current Anthropology* 37, 689-695.

- Fully, G., 1956. Une nouvelle méthode de détermination de la taille. *Annales de Médecine Légale et de Criminologie* 36, 266-273.
- Fuste, M., 1966. El tipo racial Pirenaico Occidental en: Maluquer de Motes, J. (Ed.), *Problemas de la Prehistoria y de la Etnología vascas*. Institución Príncipe de Viana, Navarra, pp. 341-350.
- Galera Olmo, V., 1987. Antropología de las gentes inhumadas en la Galería del Sílex (Atapuerca, Burgos), in: Apellániz, J.M., Mena, S.D. (Eds.), *Estudios sobre Atapuerca (Burgos) II. Los materiales de superficie del Santuario de la Galería del Sílex*. Universidad de Deusto, Bilbao.
- Galera, V., 1988. La Galería del Sílex (Atapuerca, Burgos, Espagne): étude anthropologique. *Bulletins et Mémoires de la Société d'anthropologie de Paris*. XIV^o Série, Tome 5 fascicule 4, 225-235.
- Galilea, F., 2009. Datación por C14 del dolmen de San Martín (Laguardía, Álava). Dataciones actuales de excavaciones antiguas. *Estudios de Arqueología Alavesa* 24, 131-146.
- Garate Maidagan, D., 2012. *Neandertales y Cromañones. Los primeros pobladores de Bizkaia*. Guías del Arkeologi Museoa nº 2, Diputación Foral de Bizkaia, Bizkaikoa y Arkeologi Museoa, Bilbao.
- Garate Maidagan, D., Rios-Garaizar, J., Ruiz-Redondo, A., 2013. El arte parietal paleolítico de la cueva de Lumentxa (Lekeitio, Bizkaia). *Kobie (Paleoantropología)* 32, 5-28.
- Garate, D., Rivero, O., Ruiz-Redondo, A., et al., 2014. At the crossroad: a new approach to the Upper Paleolithic art in the Western Pyrenees. *Quaternary International* 364, 283-293.
- Garate, D., González, C., Intxaurre, I., 2016-2017. Arte parietal paleolítico en la cueva de Ondaro (Nabarniz, Bizkaia). *Kobie-Paleoantropología* 35, 37-48.
- García-Artola, A., Cearreta, A., Leorri, E., 2011. Cambios en el nivel marino y transformación ambiental del estuario de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai (País Vasco, España) durante el Holoceno y Antropoceno. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, Sección Geológica 105 (1-4), 45-51.
- García-Artola, A., Stéphan, P., Cearreta, A., et al., 2018. Holocene sea-level database from the Atlantic coast of Europe. *Quaternary Science Reviews* 196, 177-192.
- García-Artola, A., Cearreta, A., Monge-Ganuzas, M., et al., 2019. Evolución ambiental holocena del estuario del Oka (Reserva de la Biosfera de Urdaibai, Sureste del Golfo de Bizkaia): respuesta al ascenso postglacial del nivel del mar. *XV Reunión Nacional de Cuaternario*, 71-74.
- García Codron, J.C., 2004. *El marco del poblamiento paleolítico: unidad y diversidad de los espacios cantábricos*. Kobie Anejos 8, Bilbao, pp. 11-28.
- García Gazólaz, J., Sesma Sesma, J., Rojo Guerra, M.A., et al., 2011. Los Cascajos (Los Arcos, Navarra), en: Bernabeu Aubán, J., Rojo Guerra, M.A., Molina Balaguer, L. (Eds.), *Las primeras producciones cerámicas: el VI milenio cal a.C. en la península ibérica*. Saguntum: papeles del laboratorio de arqueología de Valencia Extra-12, València, pp. 135-140.
- García-González, R., Sánchez-Puente, Z., Arsuaga, J.L., et al., 2018. Dietary inferences from dental microwear patterns in Chalcolithic populations from the Iberian Peninsula: the case of El Portalón de Cueva Mayor (Sierra de Atapuerca, Burgos, Spain) and El Alto de la Huesera (Álava, Spain). *Archaeological and Anthropological Sciences* 11, 3811-3823.
- García Heras, M., Olaetxea, C., 1992. Métodos y análisis para la caracterización de cerámica arqueológica: estado actual de la investigación en España. *Archivo español de arqueología* Vol 65 nº 165-166, 263-289.
- García-Ruiz, J.M., Palacios, D., González-Sampériz, P., et al., 2016. Evidencias de actividad glaciaria durante el Dryas Reciente (12,9-11,7 ka BP) en la Península Ibérica. *Cuaternario y Geomorfología* 30 (1-2), 9-21.
- García-Sagastibelza, A., 2017. Los restos humanos de la cueva de Atxuri I (Mañaria) dentro del contexto del uso sepulcral de las cuevas en Bizkaia. *Estudios de Cuaternario / Kuaternario Ikasketak / Quaternary Studies* 7, 19-37.
- García-Sagastibelza, A., Arribas-Pastor, J.L., Gómez-Olivencia, A., 2018. Estudio antropológico preliminar del yacimiento de Lumentxa (Lekeitio, Bizkaia), in: Amayuelas, E.B.-L., P.; Bonilla, O.; del Val, M.; Errandonea-Martin, J.; Garate-Olave, I.; García-Sagastibelza, A.; Intxauspe-Zubiaurre, B.; Martínez-Bracerías, N.; Perales-Gogenola, L.; Ponsoda-Carreres, M.; Portillo, H.; Serrano, H.; Silva-Casal, R.; Suárez-Bilbao, A.; Suarez-Hernando, O. (Ed.), *Life finds a way. Libro de resúmenes del XVI Encuentro de Jóvenes Investigadores en Paleontología*, Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea, Sociedad de Ciencias Aranzadi, Bilbao, pp. 209-212.
- García-Sagastibelza, A., Arribas Pastor, J.L., Castex, D., et al., 2019. Estudio antropológico y biomecánico de los restos

- humanos del yacimiento de Lumentxa (Lekeitio, Bizkaia). *XV Reunión Nacional de Cuaternario*, 304-307.
- García-Sagastibelza, A., Arribas Pastor, J.L., López-Onaindia, D., et al., 2020a. The human remains from the Lumentxa cave (Lekeitio, Biscay, Northern Iberian Peninsula): Paleobiology, taphonomy and chronology. *Quaternary International* 566-567, 191-210.
- García-Sagastibelza, A., López-Onaindia, D., Lambacher, N., et al., 2020b. The funerary use of caves during the Holocene in the Atlantic Western Pyrenees: new information from Atxuri and Txotxinkoba caves (Biscay, Northern Iberian Peninsula). *Quaternary International* 566-567, 171-190.
- García-Sagastibelza, A., López-Onaindia, D., Lambacher, N., et al., 2021. Corrigendum to “The funerary use of caves during the Holocene in the Atlantic Western Pyrenees: new information from Atxuri and Txotxinkoba caves (Biscay, Northern Iberian Peninsula) [Quat. Int. 566-567 (2020) 171-190]”. *Quaternary International* 595, 155-156.
- Gaynor Evans, F., 1953. Methods of studying the biomechanical significance of bone form. *American Journal of Physical Anthropology* 11 (3), 413-436.
- Gil Abad, D., 1988. La cueva sepulcral de Lacilla-II (Sopuerta, Bizkaia). Memoria arqueológica. 1988. *Kobie Serie Paleoantropología* 35, 115-168.
- Gil Abad, D., Llamosas Rubio, A., 2016. La cueva sepulcral de Lacilla-II (Sopuerta, Bizkaia). Memoria Arqueológica 1988. *Kobie (Serie Paleoantropología)* 35, 115-168.
- Gómez-Olivencia, A., 2012. Estudio de los restos humanos del yacimiento de Askondo (Mañaria, Bizkaia), in: Garate Maidagán, D., Rios-Garaizar, J. (Eds.), *Kobie. Bizkaiko Arkeologi Indusketak-Excavaciones Arqueológicas en Bizkaia*. Bizkaiko Foru Aldundia-Diputación Foral de Bizkaia, Bilbao, pp. 71-76.
- Gómez-Olivencia, A., 2013. Estudio de los restos humanos del yacimiento de Arlanpe (Lemoa, Bizkaia), in: Rios-Garaizar, J., Garate Maidagán, D., Gómez-Olivencia, A. (Eds.), *Kobie. Bizkaiko Arkeologi Indusketak-Excavaciones Arqueológicas en Bizkaia*. Bizkaiko Foru Aldundia-Diputación Foral de Bizkaia, Bilbao, pp. 161-176.
- Gómez-Olivencia, A., Eaves-Johnson, K.L., Franciscus, R.G., Carretero, J.M., Arsuaga, J.L., 2009. Kebara 2: new insights regarding the most complete Neandertal thorax. *Journal of Human Evolution* 57, 75-90.
- Gómez-Olivencia, A., Arceredillo, D., Álvarez-Lao, D., et al., 2014. New evidence for the presence of reindeer (*Rangifer tarandus*) on the Iberian Peninsula in the Pleistocene: An archaeopalaeontological and chronological reassessment. *Boreas* 43, 286-308.
- Gómez-Olivencia, A., Cubas, M., Sala, N., et al., 2015. Restos humanos calcolíticos de dos nuevos yacimientos de Punta Lucero (Zierbena, Bizkaia). *Kobie (Serie Paleoantropología)* 34, 5-18.
- Gómez-Olivencia, A., Quam, R., Sala, N., et al., 2018a. La Ferrassie 1: New perspectives on a “classic” Neandertal. *Journal of Human Evolution* 117, 13-32.
- Gómez-Olivencia, A., Sala, N., Núñez-Lahuerta, C., et al., 2018b. First data of Neandertal bird and carnivore exploitation in the Cantabrian region (Axlor; Barandiaran excavations; Dima, Biscay, Northern Iberian Peninsula). *Scientific Reports* 8, 10551.
- Gómez-Sánchez, D., Olalde, I., Pierini, F., et al., 2014. Mitochondrial DNA from El Mirador cave (Atapuerca, Spain) Reveals the Heterogeneity of Chalcolithic populations. *PLOS ONE* 9 (8), e105105.
- González Díez, A., Salas, L., Díaz de Terán, J.R., et al., 1996. Late Quaternary climate changes and mass movement frequency and magnitude in the Cantabrian region, Spain. *Geomorphology* 15, 291-309.
- González-Fortes, G., Tassi, F., Trucchi, E., et al., 2019. A western route of prehistoric human migration from Africa into the Iberian Peninsula. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Science* 286, 2018-2288.
- González Morales, M., 2012. Cantabria in: Rojo Guerra, M.A., Garrido Pena, R., García Martínez de Lagrán (Eds.), *El Neolítico en la Península Ibérica y su contexto europeo*. Cátedra. Historia Mayor, Madrid, pp. 257-290.
- González Sainz, C., 1983. Las industrias del Magdaleniense Superior-Final de la Cueva de Abittaga (Amoroto, Vizcaya), *Kobie-Paleoantropología* 13, 59-71.
- González Sainz, C., 1989. *El Magdaleniense superior final de la región cantábrica*. Universidad de Cantabria, Santander.
- Grine, F.E., Jungers, W.L., Tobias, P.V., et al., 1995. Fossil homo femur from Berg Aukas, northern Namibia. *American Journal of Physical Anthropology* 97, 151-185.
- Günther, T., Valdiosera, C., Malmström, H., et al., 2015. Ancient genomes link early farmers from Atapuerca in Spain

- to modern-day Basques. *PNAS* vol. 112 n°38, 11917-11922.
- Haapasalo, H., Kontulainen, S., Sievanen, H., et al., 2000. Exercise-induced bone gain is due to enlargement in bone size without a change in volumetric bone density: a peripheral quantitative computed tomography study of the upper arms of male tennis players. *Bone* 27, 351-357.
- Haber Uriarte, M., Avilés Fernández, A., Lomba Maurandi, J., 2011. Estudio antropológico preliminar de los restos humanos calcolíticos del enterramiento múltiple de Camino del Molino (Carava de la Cruz, Murcia), in: *XVII Congreso de la Sociedad Española de Antropología Física*, Barcelona.
- Hall, S.J., 2012. *Basic biomechanics*. 6th edition. McGraw Hill, New York.
- Hammer, Ø., Harper, D.A.T., Ryan, P.D., 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Paleontologia Electronica* 4, 1-9.
- Heaton, T., Köhler, P., Butzin, M., et al., 2020. Marine20-the marine radiocarbon age calibration curve (0-55,000 cal BP). *Radiocarbon* 62, 1-43.
- Hellborg, R., Skog, G., 2008. Accelerator mass spectrometry. *Mass Spectrometry Reviews* 27, 398-427.
- Hernández-Beloqui, B., Iriarte-Chiapusso, M.-J., Echazarreta-Gallego, A., et al., 2015. The Late Holocene in the western Pyrenees: A critical review of the current situation of palaeopolynological research. *Quaternary International* 364, 78-85.
- Herrasti, L., Etxeberria, F., 2011. Estudio de los restos humanos de la cueva de Santimamiñe (Kortezubi, Bizkaia): campañas de 2004 a 2006. *Kobie. Bizkaiko Arkeologi Indusketak= Excavaciones Arqueológicas en Bizkaia*, 375-382.
- Hervella Afonso, M., 2010. *Variación temporal del ADNmt en poblaciones de la Cornisa Cantábrica. Contribución del ADN antiguo*. Tesis doctoral, Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea, Leioa.
- Hervella, M., Izagirre, N., Alonso, S., et al., 2012. Ancient DNA from Hunter-Gatherer and Farmer Groups from Northern Spain supports a random dispersion model for the Neolithic expansion into Europe. *PLOS ONE* 7 (4), e34417.
- Higham, T.F.G., Jacobi, R.M., Bronk Ramsey, C., 2006. AMS radiocarbon dating of ancient bone using ultrafiltration. *Radiocarbon* 48, Nr.2, 179-195.
- Hiriart, E., Callegarin, L., Gardes, P., et al., 2018. La singularidad cultural del área pirenaico-occidental: dinámicas y persistencias entre la Edad del Hierro y la Época romana, en: Lakarra, J.A., Urgell, B. (Eds.), *Anuario del Seminario de Filología Vasca Julio de Urquijo: International Journal of Basque linguistics and philology* vol. 52, n°1-2, Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea, Vitoria-Gasteiz, pp 323-343.
- Holliday, T.W., 1997. Body proportions in Late Pleistocene Europe and modern human origins. *Journal of Human Evolution* 32, 423-447.
- Holliday, T.W., Ruff, C.B., 1997. Ecogeographical patterning and stature prediction in fossil hominids: Comment on MR Feldesman and RL Fountain, *American Journal of Physical Anthropology* (1996) 100:207-224. *American Journal of Physical Anthropology* 103, 137-140.
- Holt, B.M., 2003. Mobility in upper Paleolithic and Mesolithic Europe: evidence from the lower limb. *American Journal of Physical Anthropology* 122, 200-215.
- Holt, B., Whittey, E., Tompkins, D., 2018a. France and Italy, in: Ruff, C.B. (Ed.), *Skeletal Variation and Adaptation in Europeans*. John Wiley & Sons., Hoboken, pp. 241-280.
- Holt, B., Whittey, E., Niskanen, M., et al. 2018b. Temporal and Geographic Variation in Robusticity, in: Ruff, C.B. (Ed.), *Skeletal Variation and Adaptation in Europeans*. John Wiley & Sons., Hoboken, pp. 91-132.
- Hoyos, M., 1995. Cuaternario, en: Echeagaray, J (Ed.), *10 palabras clave en Prehistoria*. Editorial Verbo Divino, Estella, pp. 11-38.
- Huiskes, R., 1982. On the modelling of long bones in structural analyses. *Journal of Biomechanics* 15, 65-69.
- Hüls, C.M., Grootes, P.M., Nadeau, M.-J., 2009. Ultrafiltration: boon or bane? *Radiocarbon* vol 51 n°2, 613-625.
- Ibáñez, J.J., Zapata, L., González Urquijo, J., 1999. Cueva de Kobaederra (Kortezubi): V Campaña de excavación. *Arkeoikuska: Investigación arqueológica* 1999, 70-72.
- Ibáñez-Gimeno, P., De Esteban-Trivigno, S., Jordana, X., et al., 2013. Functional plasticity of the human humerus: shape, rigidity and muscular entheses. *American Journal of Physical Anthropology* 150 (4), 609-617.

- Iriarte-Chiapusso, M.J., Arrizabalaga Valbuena, A., 2003. El bosque en el País Vasco prehistórico. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales* 16, 85-90.
- Iriarte-Chiapusso, M.J., Hernández-Beloqui, B., 2009. Evolución del bosque durante el Pleistoceno Superior y Holoceno en Bizkaia: Un estado de la cuestión provisional. *Kobie (Serie Paleoantropología)* n° 28, 9-24.
- Iriarte, M.J., Arrizabalaga, A., Etxeberria, F., et al., 2005a. La inhumación humana en conchero de J3 (Hondarribia, Guipuzkoa), in: Ontañón Peredo, R., García-Moncó Piñeiro, C., Arias Cabal, P. (Eds.), *Actas del III Congreso del Neolítico en la Península Ibérica*. Universidad de Cantabria, Santander, pp. 607-613.
- Iriarte, M.J., Mujika, J.A., Tarrío, A. 2005b. Herriko Barra (Zarautz, Gipuzkoa): caractérisation industrielle et économique des premiers groupes de producteurs sur le littoral basque, en: Marchand, G., Tresset, A. (Eds.), *Unité et diversité des processus de néolithisation sur la façade atlantique de l'Europe*. Société Préhistorique Française (Mémoire XXXVI), Paris, pp. 127-136.
- Iriarte-Chiapusso, M.J., Aguirre, M., Quintana, J., et al., 2006. Poblamiento y paisaje vegetal en Urdaibai durante el Pleistoceno superior y los inicios del Holoceno. Estado de la cuestión en: Cadiñanos Aguirre, J.A., Ibañe Lujanbio, A., Lozano Valencia, P., Meaza Rodríguez, G., Onaindia Olalde, M. (Eds.), *III Congreso Español de Biogeografía, comunicaciones*. Gobierno Vasco, Vitoria-Gasteiz, pp. 107-112.
- Iriarte-Chiapusso, M.-J., Pérez-Díaz, S., Ruiz-Alonso, M., et al., 2008. Paleobotánica del Epipaleolítico y Mesolítico vascos. *Veleia* 24-25, 629-642.
- Iriarte Chiapusso, M.J., Arrizabalaga, A., Etxeberria, F., et al., 2010. Shell midden people in northern Iberia: new data from the mesolithic rock shelter of J3 (Basque Country, Spain). *Zephyrus* LXV, 117-127.
- Izagirre, N., de la Rúa, C., 1999. A mtDNA Analysis in Ancient Basque Populations: Implications for Haplogroup V as a Marker for a Major Palaeolithic Expansion from Southwestern Europe. *American Journal of Human Genetics* 65, 199-207.
- Jiménez-Brobeil, S.A., García Sánchez, M., 1989-1990. Estudio de los restos humanos de la Edad del Bronce del Cerro de la Encina (Monachil, Granada). *Cuadernos de Prehistoria y Arqueología de la Universidad de Granada* vol.14, 157-180.
- Jiménez-Brobeil, S.A., Oumaoui, I.A., Souich, P.D., 2010. Some types of vertebral pathologies in the Argar Culture (Bronze Age, SE Spain). *International Journal of Osteoarchaeology* 20 (1), 36-46.
- Jordá Pardo, J., 1995. El Cuaternario: definición, límite inferior y divisiones. *Zephyrus: Revista de prehistoria y arqueología* n° 48, 53-74.
- Jull, A. J. T., 2014. The AMS Method of Radiocarbon Dating, in: Elias, S., Mock, C. (Eds.), *Encyclopedia of Quaternary Science*. Elsevier, Amsterdam, pp. 316-323.
- Knudson, D., 2007. *Fundamentals of Biomechanics*. Second edition. Springer, New York.
- Knüsel, C.J., 2014. Crouching in fear: terms of engagement for funerary remains. *Journal of Social Archaeology*. 14, 26-58.
- Knüsel, C.J., Robb, J., 2016. Funerary taphonomy: An overview of goals and methods. *Journal of Archaeological Sciences: Reports* 23, 234-237.
- Kutschera, W., 2016. Accelerator mass spectrometry: state of the art and perspectives. *Advances in Physics: X* Vol.1 Issue 4, 570-595.
- Laborde, M., Barandiarán, J.M., Atauri, T., et al., 1967. Excavaciones en Marizulo (Urnieta) (Campanas de 1965 y 1967). *Munibe (Antropología-Arkeología)* 3, 261-269.
- Lanting, J.N., Van der Plicht, J., 1998. Reservoir effects and apparent 14C-ages. *The Journal of Irish Archaeology* IX, 151-165.
- Lanyon, L.E., 1982. Mechanical function and bone remodeling, in: Summer-Smith, G. (Ed.), *Bone in clinical orthopaedics*. Saunders, Philadelphia, p. 273-304.
- Larsen, C.S., 2015. *Bioarchaeology: Interpreting behavior from the Human skeleton*. 2nd Edition, Cambridge University Press, Cambridge.
- Lastres Gómez, F., 2020. *Cambios ambientales en el Cuaternario: El Dryas Reciente (Younger Dryas) y sus consecuencias*. Trabajo Final de Grado, Universidad de Alcalá, Madrid.
- Leorri, E., Cearreta, A., Milne, G., 2012. Field observations and modelling of Holocene sea-level changes in the southern Bay of Biscay: implication for understanding current rates of relative sea-level change and vertical land motion along the Atlantic coast of SW Europe. *Quaternary Science Reviews* 42, 59-73.

- Leorri, E., Cearreta, A., García-Artola, A., et al., 2013. Relative sea-level rise in the Basque coast (N Spain): different environmental consequences on the coastal area. *Ocean & Coastal Management* 77, 3-13.
- Libby, W., Anderson, E., Arnold, J., 1949. Age determination by radiocarbon content: world-wide assay of natural radiocarbon. *Science* 109, 227-228.
- Lieberman, D.E., Devlin, M.J., Pearson, O.M., 2001. Articular area responses to mechanical loading: effects of exercise, age and skeletal location. *American Journal of Physical Anthropology* 116, 266-277.
- Liversidge, H.M., Buckberry, J., Marquez-Grant, N., 2015. Age estimation. *Annals of Human Biology* vol. 42 n°4, 297-299.
- Llanos Ortiz de Landaluce, A., 1997. La Edad del Hierro en Vasconia. Isturitz: *Cuadernos de prehistoria-arqueología* n°7, 37-45.
- Llanos Ortiz de Landaluze, A., 2004. Algunas decoraciones sobre las cerámicas, algo más que simples ornamentaciones. *Kobie (Serie Anejos)* n°6 vol 1, 305-310.
- Longin, R., 1971. New method of collagen extraction for radiocarbon dating. *Nature* 230, 241-242.
- López de Heredia Martínez de Sabarte, J., 2014. *La cerámica de la Segunda Edad del Hierro en el País Vasco: estudio tecnológico, funcional y social*. Tesis doctoral, Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea, Vitoria-Gasteiz.
- López-García, J.M., Cuenca-Bescós, G., Rosell-Ardèvol, J., 2007. Resultados del estudio de microvertebrados del Neolítico de la Cueva de El Mirador (Ibeas de Juarros, Sierra de Atapuerca, Burgos), en: Manresa, O. (Ed.), *Actas del IV Congreso de Neolítico en la Península Ibérica*. Museo Arqueológico de Alicante, Alicante, pp. 1-7.
- López-Onaindia, D., Subirà, M.E., 2017. Prehistoric funerary complexity in northern Iberia studied by using dental morphology. *HOMO* 68, 122-133.
- López Quintana, J.C., Guenaga-Lizasu, A., 2011. Revisión estratigráfica del depósito arqueológico de la cueva de Santimamiñe (Kortezubi, Bizkaia): Campañas de 2004 a 2006. Cronoestratigrafía y paleoambiente, in: López-Quintana, J.C. (Ed.), *Kobie. Bizkaiko Arkeologi Indusketak-Excavaciones Arqueológicas en Bizkaia. La cueva de Santimamiñe: revisión y actualización (2004-2006)*. Bizkaiko Foru Aldundia-Diputación Foral de Bizkaia, Bilbao, pp. 7-70.
- López Quintana, J.C., Guenaga Lizasu, A., Etxeberria, F., et al., 2015. Nuevos datos sobre la secuencia de uso sepulcral de la cueva de Santimamiñe (Kortezubi, Bizkaia), in: Bueno Ramirez, P., Barroso, R. (Eds.), *ARPI 03 Extra. Homenaje a Rodrigo de Balbín Berhmann*, Universidad de Alcalá de Henares, Alcalá de Henares, pp. 180-196.
- Lorenzo, C., Arsuaga, J.L., Carretero, J.M., 1999. Hand and foot remains from the Gran Dolina Early Pleistocene site (Sierra de Atapuerca, Spain). *Journal of Human Evolution* 37, 501-522.
- Lovejoy, C.O., 1985. Dental wear in the Libben population: its functional pattern and role in the determination of adult skeletal age at death. *American Journal of Physical Anthropology* 68, 47-56.
- Lovejoy, C.O., Meindl, R.S., Ohman, J.C., et al., 2002. The Maka femur and its bearing on the antiquity of human walking: applying contemporary concepts of morphogenesis to the human fossil record. *American Journal of Physical Anthropology* 119, 97-133.
- Lozano, M., Bermúdez de Castro, J.M., Arsuaga, J.L., et al., 2017. Diachronic analysis of cultural dental wear at the Atapuerca sites (Spain). *Quaternary International*. 433, 243-250.
- Lozano, M., Gamarra, B., Hernando, R., et al., 2021. Microscopic and virtual approaches to oral pathology: a case study from El Mirador Cave (Sierra de Atapuerca, Spain). *Annals of Anatomy* 239, 151827.
- Llul, V., Mico, R., Herrada, C.R., et al., 2011. El Argar and the beginning of class society in the western Mediterranean. *Archäologie in Eurasien* 24, 381-414.
- Macintosh, A.A., Davies, T.G., Ryan, T.M., et al., 2013. Periosteal versus true cross-sectional geometry: A comparison along humeral, femoral, and tibial diaphyses. *American Journal of Physical Anthropology* 150, 442-452.
- Macintosh, A.A., Pinhasi, R., Stock, J.T., 2014. Divergence in Male and Female Manipulative Behaviors with the Intensification of Metallurgy in Central Europe. *PLOS ONE* 9, e112116.
- Macintosh, A.A., Pinhasi, R., Stock, J.T., 2017. Prehistoric women's manual labor exceeded that of athletes through the first 5500 years of farming in Central Europe. *Science Advances* 3 (11), eaao3893.
- Macintosh, A.A., Stock, J.T., 2019. Intensive terrestrial or marine locomotor strategies are associated with inter- and intra-limb bone functional adaptation in living female athletes. *American Journal of Physical Anthropology* 168 (3), 566-581.

- Mack, J.E., Waterman, A.J., Racila, A.M., et al., 2016. Applying zooarchaeological methods to interpret mortuary behavior and taphonomy in commingled burials: the case study of the late neolithic site of Bolores. Portugal. International. *Journal of Osteoarchaeology* 26, 524–536. <https://doi.org/10.1002/oa.2443>.
- Marchi, D., 2008. Relationships between lower limb cross-sectional geometry and mobility: The case of a Neolithic sample from Italy. *American Journal of Physical Anthropology* 137, 188-200.
- Marchi, D., Sparacello, V.S., Holt, B.M., et al., 2006. Biomechanical approach to the reconstruction of activity patterns in Neolithic Western Liguria, Italy. *American Journal of Physical Anthropology* 131, 447-455.
- Marchi, D., Sparacello, V.S., Shaw, C., 2011. Mobility and Lower Limb Robusticity of a Pastoralist Neolithic Population from North-Western Italy in: Pinhasi, R., Stock, J.T., 2011, *Human Bioarchaeology of the Transition to Agriculture*. John Wiley & Sons., Hoboken, pp. 317-346.
- Marginedas, F., Rodríguez-Hidalgo, A., Soto, M., et al., 2020. Making skull cups: Butchering traces on cannibalised human skulls from five European archaeological sites. *Journal of Archaeological Science* 114, 105076.
- Mariezkurrena, K., 1979. Dataciones de radiocarbono existentes para la prehistoria vasca. *Munibe* 31, 237-255.
- Mariezkurrena, K., 1990. Caza y domesticación durante el Neolítico y Edad de los Metales en el País Vasco. *Munibe (Antropología-Arkeología)* 42, 241-252.
- Marquer, P., 1963. Contribution à l'étude anthropologique du Peuple Basque et au problème de ses origines raciales. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* 4, 1-240.
- Martin, R.B., Burr, D.B., Sharkey, N.A., 1989. *Structure, function, and adaptation of compact bone*. Raven Press, New York.
- Martin, R.B., Burr, D.B., Sharkey, N.A., 1998. *Skeletal tissue mechanics*. Springer, New York.
- Martín, P., Rosell, J., Vergès, J.M., 2009. La gestión de los recursos faunísticos durante el Neolítico en la Sierra de Atapuerca (Burgos): los niveles 19 y 20 de la Cueva del Mirador. *Trabajos de Prehistoria* 66 n° 2, 77-92.
- Martín, P., Saladie, P., Nadal, J., et al., 2014. Butchered and consumed: Small carnivores from the Holocene levels of El Mirador Cave (Sierra de Atapuerca, Burgos, Spain). *Quaternary International* 353, 153-169.
- Martín, P., García-González, R., Nadal, J., et al., 2016a. Perinatal ovicaprine remains and evidence of shepherding activities in Early Holocene enclosure caves: El Mirador (Sierra De Atapuerca, Spain). *Quaternary International* 414, 316-329.
- Martín, P., Vergès, J.M., Nadal, J., 2016b. The status problem of Iberian Holocene Equids: New data from Cueva de El Mirador (Sierra de Atapuerca, Spain). *International Journal of Osteoarchaeology* 26, 232-245.
- Martín-Flórez, J.S., 2010. Caracterización antropológica de dos poblados de la Edad del Bronce de la Península Ibérica: el Castellón Alto y la Motilla del Azuer, *Arqueología y Territorio* n°7, 69-80.
- Mathieson, I., Lazaridis, I., Rohland, N., et al., 2015. Genome-wide patterns of selection in 230 ancient Eurasians. *Nature* 528 (7583), 499–503.
- May, H., Ruff, C., 2016. Physical burden and lower limb bone structure at the origin of agriculture in the levant. *American Journal of Physical Anthropology* 161 (1), 26-36.
- McHenry, H.M., 1992. Body size and proportions in early hominids. *American Journal of Physical Anthropology* 87, 407-431.
- Meadows, L., A, M., Jantz, R. L. 1992. Estimation of Stature from Metacarpal Lengths, *Journal of Forensic Sciences*, 37, 147-154.
- Mendonça, M.C., 2000. Estimation of height from the length of long bones in a Portuguese adult population, *American Journal of Physical Anthropology* 112, 39-48.
- Merino, I., 1991. Estudio del material óseo humano de los yacimientos de Larrarte y Trikuaitzi I (Gipuzkoa). *Munibe (Antropología-Arkeología)* 43, 167-173.
- Mestres i Torres, J.S., 2008. El temps a la Prehistòria i el seu establiment a través de la datació per radiocarboni. *Cypselà* 17, 11-21.
- Miller, M.J., Agarwal, S.C., Aristizabal, L., et al., 2018. The daily grind: Sex- and age-related activity patterns inferred from cross-sectional geometry of long bones in a pre-Columbian muisca population from Tibanica, Colombia. *American Journal of Physical Anthropology* 167, 311-326.
- Modesto-Mata, M., Christopher Dean, M., Bermúdez de Castro, J.M., et al., 2015. Perikymata numbers and enamel

- extension rates in the incisors of three archaeological modern human populations from two caves located in Spain: Maltravieso Cave (Cáceres) and Mirador Cave (Burgos). *Quaternary International* 433, 114-123.
- Monge Soares, A.M., Gutiérrez-Zugasti, I., González-Morales, M., et al., 2016. Marine radiocarbon reservoir effect in Late Pleistocene and Early Holocene coastal waters off northern Iberia. *Radiocarbon* vol. 58 nº4, 869-883.
- Moore, J.C., Grinsted, A., Zwinger, T., et al., 2013. Semiempirical and process-based global sea level projections. *Reviews of Geophysics* 51, 484-522.
- Mujika, J.A., 2007-2009. Cronología y secuencias de uso funerario en el megalitismo del Pirineo Occidental. *Illunzar* 7, 13-38.
- Mujika, J. A., 2017. Desde la penumbra de la Prehistoria a los albores de la Historia en Gipuzko in: Aragón Ruano, A., Echeberria Ayllón, I. (Eds.) *Síntesis de la Historia de Gipuzkoa*. Diputación Foral de Gipuzkoa, Donostia, pp. 19-130.
- Mujika, J.A., Edeso, J.M., 2011. *Los primeros agricultores y ganaderos trashumantes en Gipuzkoa del Neolítico a la Edad del Hierro*. Diputación Foral de Gipuzkoa, Donostia-San Sebastián.
- Mujika-Alustiza, J.A., Agirre-García, J., Arévalo-Muñoz, E., et al., 2016. El ritual de incineración en el crómlech tumular de Ondarre I (Sierra de Aralar, Gipuzkoa). *Munibe (Antropología-Arkeología)* 67, 51-73.
- Mujika-Alustiza, J.A., Peñalver-Iribarren, X., San Jose Santamaria, S., et al., 2017. Los enterramientos en cista en el Pirineo Occidental y su entorno durante la Edad del Bronce, en: Fernández-Eraso, J., Mujika Alustiza, J.A., Arrizabalaga Valbuena, A., García Diez, M. (Eds.), *Miscelánea en homenaje a Lydia Zapata Pena (1965-2015)*. Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitateko Argitalpen Zerbitzua, Bilbao, pp. 495-520.
- Muñoz Salvatierra, M., Berganza, E., 1997. La cueva de Urratxa III (Orozko, Bizkaia). Excavación, cronología y análisis de las industrias lítica y ósea. El canto pintado, in: Muñoz Salvatierra, M., Berganza, E. (Eds.), *El yacimiento de la cueva de Urratxa III (Orozko, Bizkaia)*. Universidad de Deusto, Bilbao, pp. 9-71.
- Nikander, R., Sievanen, H., Uusi-Rasi, K., et al., 2006. Loading modalities and bone structure at nonweight-bearing upper extremity and weight-bearing lower extremity: a pQCT study of adult female athletes. *Bone* 39, 886-894.
- Nájera, T., Molina, F., Jiménez-Brobeil, S. A., et al., 2010. Un ejemplo de violencia interpersonal extrema durante la Edad del Bronce: el enterramiento 60 de la Motilla del Azuer, *Cuadernos de Prehistoria de la Universidad de Granada* 20, 381-394.
- Nájera, T., Jiménez-Brobeil, S. A., Molina, F., et al., 2012. La aplicación de los métodos de la Antropología Física a un yacimiento arqueológico: la Motilla del Azuer, *Cuadernos de Prehistoria de la Universidad de Granada* 22, 149-183.
- Nikita, E., Ysi Siew, Y., Stock, J., et al., 2011. Activity patterns in the Sahara Desert: an interpretation based on cross-sectional geometric properties. *American Journal of Physical Anthropology* 146 (3), 423-434.
- Nolte, E., 1957. Exploraciones en Atxubi'ko. *Pyrenaica* I, 16-18.
- Ogilvie, M.D., Hilton, C.E., 2011. Cross-sectional geometry in the humeri of foragers and farmers from the prehispanic American Southwest: Exploring patterns in the sexual division of labor. *American Journal of Physical Anthropology* 144 (1), 11-21.
- Olaetxea, C., 2000. La tecnología cerámica en la protohistoria vasca. *Munibe (Arkeologia-Antropologia) Suplemento* nº12, 11-211.
- Olivier, G., 1960. *Pratique Anthropologique*. Vigot Frères Editeurs, Paris.
- Oms, F.X., Daura, J., Sanz, M., et al., 2017. First evidence of collective human inhumation from the cardial neolithic (cova Bonica, Barcelona, NE iberian peninsula). *Journal of Field Archaeology* 42, 43-53. <https://doi.org/10.1080/00934690.2016.1260407>.
- O'Neil, M.C., Ruff, C.B., 2004. Estimating human long bone cross-sectional geometric properties: a comparison of noninvasive methods. *Journal of Human Evolution* 47, 221-235.
- Oñañón, R., Armendáriz, A., 2005. Cuevas y megalitos: los contextos sepulcrales colectivos en la Prehistoria reciente cantábrica. *Munibe (Antropología-Arkeología)* 57, 275-286.
- Ortega, A.I., Benito-Calvo, A., Pérez-González, A., et al., 2013. Evolution of multilevel caves in the Sierra de Atapuerca (Burgos, Spain) and its relation to human occupation. *Geomorphology* 196, 122-137.
- Ortega, A.I., Benito-Calvo, A., Pérez-González, A., et al., 2014. Atapuerca Karst and its Palaeoanthropological sites, in: Gutiérrez, F., Gutiérrez, M. (Eds.), *Landscapes and Landforms of Spain*. *World Geomorphological Landscapes*.

- Springer, Dordrecht, pp. 101-110.
- Ortega, A.I., Benito-Calvo, A., Martín, M.A., et al., 2018. Las cuevas de la Sierra de Atapuerca y el uso humano del paisaje kárstico durante el Pleistoceno (Burgos, España). *Boletín Geológico y Minero* 129 (1/2), 83-105.
- Ortega Martínez, A.M., Martín Merino, M.Á., 2017. Cueva Fantasma: quinto yacimiento con fósiles humanos de la Sierra de Atapuerca. Cúbia, *Boletín del grupo espeleológico Edelweiss* 21, 22-25
- Ortiz Tudanca, L., 1990. Ordenación de la Secuencia Cultural del Calcolítico y la Edad del Bronce en el País Vasco. *Munibe (Antropología-Arkeología)* 42, 135-139.
- Pablos, A., Lorenzo, C., Martínez, I., et al., 2012. New foot remains from the Gran Dolina-TD6 Early Pleistocene site (Sierra de Atapuerca, Burgos, Spain). *Journal of Human Evolution* 63, 610-623.
- Pablos, A., Gómez-Olivencia, A., García-Pérez, A., et al., 2013. From toe to head: Use of robust regression methods in stature estimation based on foot remains. *Forensic Science International* 226, 299e1-299e7.
- Parkinson, E., 2020. *Body size, skeletal biomechanics and habitual behaviour: a bioarchaeological approach to social and economic change in the Neolithic and Copper Age central Mediterranean*. Doctoral thesis. University of Cambridge, Cambridge.
- Pearson, K., 1898. Data for the problem of evolution in man. III. On the magnitude of certain coefficients of correlation in man. *Proceedings of the Royal Society of London* 66, 23-32.
- Pearson, K., 1917-1919. A study of the long bones of the English skeleton I: Chapters I to VI. the femur. *Cambridge University Press*, Cambridge.
- Pearson, O.M., Lieberman, D.E., 2004. The aging of Wolff's "law": ontogeny and responses to mechanical loading in cortical bone. *American Journal of Physical Anthropology* 125 (S39), 63-99.
- Pearson, O.M., Royer, D.F., Grine, F.E., et al., 2008. A description of the Omo I postcranial skeleton, including newly discovered fossils. *Journal of Human Evolution* 55, 421-437.
- Peña-Chocarro, L., Zapata-Peña, L. García-Gazólaz, J., et al. 2005. The spread of agricultura in northern Iberia: new archaeobotanical data from El Mirón cave (Cantabria) and the open-air site of Los Cascajos (Navarra). *Vegetation History and Archaeobotany* 14 (4), 269-278.
- Peñalver Iribarren, X., 2001. El Bronce final y la Edad del Hierro en la Euskal Herria atlántica: cromlechs y castros. *Complutum* 12, 51-71.
- Pérez-Romero, A., Iriarte, E., Galindo-Pellicena, M.-A., et al., 2017. An unusual Pre-bell beaker copper age cave burial context from El Portalón de Cueva Mayor site (Sierra de Atapuerca, Burgos). *Quaternary International* 433, 142-155.
- Pettitt, P., 2011. *The Palaeolithic Origins of Human Burial*. Routledge, London.
- Peyroteo Stjerna, R., 2016. *On death in the Mesolithic. Or the mortuary practices of the last hunter-gatherers of the South-Western Iberian Peninsula, 7th-6th millennium BCE*. Department of Archaeology and Ancient History, Uppsala University, Uppsala.
- Platzer, W., 2009. *Atlas de Anatomía con correlación clínica. Tomo I: Aparato Locomotor*, 9ª Edición. Editorial Médica Panamericana, Madrid.
- Pomeroy, E., Zakrzewski, S.R., 2009. Sexual dimorphism in diaphyseal cross-sectional shape in the medieval Muslim population of Écija, Spain, and Anglo-Saxon Great Chesterford, UK. *International Journal of Osteoarchaeology* 19, 50-65.
- Pomeroy, E., Stock, J.T., 2012. Estimation of stature and body mass from the skeleton among coastal and mid-altitude Andean populations. *American Journal of Physical Anthropology* 147, 264-279.
- Prieto, L., 2002. *Estudio de polimorfismos de ADN en restos humanos antiguos y muestras forenses críticas: valoración de estrategias y resultados*. Universidad Complutense de Madrid., Madrid.
- Profico, A., Zeppilli, C., Micarelli, I., et al., 2021. Morphometric maps of bilateral asymmetry in the human humerus: an implementation in the R package Morphomap. *Symmetry* 13, 1711.
- Quam, R.M., Arsuaga, J.L., Bermúdez de Castro, J.M., et al., 2001. Human remains from Valdegoba Cave (Huérmeces, Burgos, Spain). *Journal of Human Evolution* 41, 385-435.
- Rasmussen, S.O., Bigler, M., Blockley, S.P., et al., 2014. A stratigraphic framework for abrupt climatic changes during the Last Glacial period based on three synchronized Greenland ice-core records: refining and extending the INTIMATE event stratigraphy. *Quaternary Science Reviews* 106, 14-28.

- Raxter, M.H., Auerbach, B.M., Ruff, C.B., 2006. Revision of the Fully Technique for Estimating Statures. *American Journal of Physical Anthropology* 130, 374-384.
- Reimer, P.J., Austin, W., Bard, E., et al., 2020. The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0-55 cal kBP). *Radiocarbon* 62, 1-33.
- Rightmire, G.P., Deacon, H.J., Schwartz, J.H., et al., 2006. Human foot bones from Klasies River main site, South Africa. *Journal of Human Evolution* 50, 96-103.
- Rios-Garaizar, J., Garate Maidagán, D., 2012. Evaluación de la excavación arqueológica del yacimiento de Askondo (Mañaria, Bizkaia), in: Garate Maidagán, D., Rios-Garaizar, J. (Eds.), *Kobie. Bizkaiko Arkeologi Indusketak-Excavaciones Arqueológicas en Bizkaia*. Bizkaiko Foru Aldundia-Diputación Foral de Bizkaia, Bilbao, pp. 89-98.
- Rios-Garaizar, J., Garate Maidagan, D., Gómez-Olivencia, A., 2013. Ocupaciones humanas prehistóricas en el yacimiento de la cueva de Arlanpe (Lemoa, Bizkaia), in: Rios-Garaizar, J., Garate Maidagán, D., Gómez-Olivencia, A. (Eds.), *Kobie. Bizkaiko Arkeologi Indusketak-Excavaciones Arqueológicas en Bizkaia. La cueva de Arlanpe (Lemoa): Ocupaciones humanas desde el Paleolítico Medio Antiguo hasta la Prehistoria Reciente*. Bizkaiko Foru Aldundia-Diputación Foral de Bizkaia, Bilbao, pp. 277-294.
- Rios-Garaizar, J., San Emeterio, A., Larrea Robles, M., et al., 2020. La secuencia prehistórica de la cueva de Abittaa (Amoroto, Bizkaia): evaluación de las excavaciones de J.M. Barandiarán Ayerbe (1964-1966), *Munibe (Arkeologia-Antropologia)* 71, 73-89.
- Riquet, R., 1962. Les crânes d'Urtiaga en Itziar (Guipúzcoa). *Munibe* 1-2, 1-23.
- Riquet, R., Rodríguez de Ondarra, P., 1966. *Étude anthropologique de sujets provenant de dolmens de L'Álava en: Homenaje a D. José Miguel de Barandiarán*. Excelentísima Diputación Foral de Vizcaya II, Bilbao, pp. 251-320.
- Robb, J.E., 1994. Skeletal signs of activity in the Italian metal ages: methodological and interpretative notes. *Journal of Human Evolution* 9 (83), 215-229.
- Robles, S., Aranburu, A., Apraiz, A., 2014. La Cuenca Vasco-Cantábrica: génesis y evolución tectonosedimentaria. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 22 (2), 99-114.
- Rodríguez Trobajo, 1997. La dendrocronología y el carbono 14 en la datación de bienes culturales. *Boletín de información técnica* 188, 52-57.
- Rodríguez-Almagro, M., Sala, N., Wißing, C., et al., 2020. Ecological conditions during the Middle to Upper Palaeolithic transition (MIS⁻¹) in Iberia: the cold-adapted faunal remains from Mainea, northern Iberian Peninsula. *Boreas* 50 (3), 686-708..
- Rodríguez, L., 2013. *Estudio biomecánico de los huesos largos del esqueleto apendicular de los homínidos del Pleistoceno Medio de la Sima de los Huesos, Sierra de Atapuerca (Burgos): implicaciones paleobiológicas y filogenéticas*. Universidad de Burgos, Burgos.
- Rodríguez, A., Allué, E., Buxó, R., 2016. Agriculture and livestock economy among prehistoric herders based on plant macro-remains from El Mirador (Atapuerca, Burgos). *Quaternary International* 414, 272-284.
- Rodríguez, L., Carretero, J.M., García-González, R., et al., 2018. Cross-sectional properties of the lower limb long bones in the Middle Pleistocene Sima de los Huesos sample (Sierra de Atapuerca, Spain). *Journal of Human Evolution* 117, 1-12.
- Royo Guerra, M.A., García Martínez de Lagrán, I., Garrido Pena, R., et al., 2016. Enterramientos del Neolítico antiguo en el interior peninsular: nuevos datos para una actualización de la evidencia empírica, en: Bonet Rosado, H., Martí Oliver, B. (Eds.), *Del Neolítico a l'Edat de Bronze en el Mediterrani occidental: estudis en homenatge a Bernat Martí Oliver*. Serie de Trabajos Varios nº119, Diputación de Valencia, Valencia, pp. 180-210.
- Rosenstock, E., Ebert, J., Martin, R., et al., 2019. Human stature in the Near East and Europe ca. 10,000–1000 BC: its spatiotemporal development in a Bayesian errors-in-variables model. *Archaeological and Anthropological Sciences* 11 (10), 5657-5690.
- Ross, M.H., Pawlina, W., 2006. Tejido óseo in: Ross, M.H., Pawlina, W. (Eds.), *Histología. Texto y Atlas color con Biología Celular y Molecular*. Editorial Médica Panamericana, Madrid, pp. 218-247.
- Rubinos Pérez, A., 2009. Límites de la geocronología en el estudio de yacimientos de época histórica. *Munibe (Arkeologia-Antropologia)* nº60, 331-347.
- Ruff, C., 1987. Sexual dimorphism in human lower limb bone structure: relationship to subsistence strategy and sexual division of labor. *Journal of Human Evolution* 16 (5), 391-416.

- Ruff, C.B., 1994. Morphological adaptation to climate in modern and fossil hominids. *American Journal of Physical Anthropology* 37 (S19), 65-107.
- Ruff, C.B., 2000. Body size, body shape, and long bone strength in modern humans. *Journal of Human Evolution* 38, 269-290.
- Ruff, C.B., 2002. Long bone articular and diaphyseal structure in Old World monkeys and apes I: locomotor effects. *American Journal of Physical Anthropology* 119, 305-342.
- Ruff, C.B., 2003. Growth in bone strength, body size, and muscle size in a juvenile longitudinal sample. *Bone* 33, 317-329.
- Ruff, C.B., 2005. Mechanical determinants of bone form: insights from skeletal remains. *Journal of Musculoskeletal and Neuronal Interactions* 5, 202-212.
- Ruff, C.B., 2006. Moment macro for NIH Image and Image J. Johns Hopkins University School of Medicine, Baltimore. <http://www.hopkinsmedicine.org/jae/mmacro.htm>. (accessed 22 January 2020).
- Ruff, C.B., 2008. Biomechanical analyses of archaeological human skeletons, in: Katzenberg, M.A., Saunders, S. R. (Ed.), *Biological anthropology of the human skeleton*, second ed. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, pp. 183-206.
- Ruff, C.B., 2018a. Introduction in: Ruff, C.B. (Ed.), *Skeletal Variation and Adaptation in Europeans: Upper Paleolithic to the Twentieth Century*. John Wiley & Sons., Hoboken, pp. 1-14.
- Ruff, C.B., 2018b. Quantifying Skeletal Robusticity in: Ruff, C.B. (Ed.), *Skeletal Variation and Adaptation in Europeans: Upper Paleolithic to the Twentieth Century*. John Wiley & Sons., Hoboken, pp. 39-48.
- Ruff, C.B., Hayes, W.C., 1983. Cross-sectional geometry of Pecos Pueblo femora and tibiae—A biomechanical investigation: I. Method and general patterns of variation. *American Journal of Physical Anthropology* 60, 359-381.
- Ruff, C.B., Leo, F.P., 1986. Use of Computed Tomography in skeletal structure research. *Yearbook of Physical Anthropology* 29, 181-196.
- Ruff, C.B., Holt, B., 2018. Balkans in: Ruff, C.B., 2018, *Skeletal Variation and Adaptation in Europeans: Upper Paleolithic to the Twentieth Century*. John Wiley & Sons., Hoboken, pp. 397-418.
- Ruff, C.B., Garvin, H., 2018. Iberia in: Ruff, C.B., 2018, *Skeletal Variation and Adaptation in Europeans: Upper Paleolithic to the Twentieth Century*. John Wiley & Sons., Hoboken, pp. 281-314.
- Ruff, C.B., Larsen, C.S., Hayes, W.C., 1984. Structural changes in the femur with the transition to agriculture on the Georgia coast. *American Journal of Physical Anthropology* 64, 125-136.
- Ruff, C.B., Scott, W.W., Liu, A.Y.C., 1991. Articular and diaphyseal remodeling of the proximal femur with changes in body mass in adults. *American Journal of Physical Anthropology* 86, 397-413.
- Ruff, C.B., Trinkaus, E., Walker, A., et al., 1993. Postcranial robusticity in Homo, I: temporal trends and mechanical interpretation. *American Journal of Physical Anthropology* 91, 21-53.
- Ruff, C.B., McHenry, H.M., Thackeray, J.F., 1999. Cross-sectional morphology of the SK82 and 97 proximal femora. *American Journal of Physical Anthropology* 109, 509-521.
- Ruff, C.B., Niskanen, M., Junno, J.A., et al., 2005. Body mass prediction from stature and bi-iliac breadth in two high latitude populations, with application to earlier higher latitude humans. *Journal of Human Evolution* 48, 381-392.
- Ruff, C., Holt, B., Trinkaus, E., 2006a. Who's Afraid of the Big Bad Wolff?: "Wolff's Law" and Bone Functional Adaptation. *American Journal of Physical Anthropology* 129, 484-498.
- Ruff, C., Holt, B., Sládek, V., et al., 2006b. Body size, body proportions and mobility in the Tyrolean "Iceman". *Journal of Human Evolution* 51 (1), 91-101.
- Ruff, C.B., Holt, B.M., Niskanen, M., et al., 2012. Stature and body mass estimation from skeletal remains in the European Holocene. *American Journal of Physical Anthropology* 148, 601-617.
- Ruff, C.B., Holt, B., Niskanen, M., et al., 2015. Gradual decline in mobility with the adoption of food production in Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112, 7147-7152.
- Ruff, C.B., Garofalo, E., Niinimäki, S. 2018. Britain in: Ruff, C.B. (Ed.), *Skeletal Variation and Adaptation in Europeans: Upper Paleolithic to the Twentieth Century*. John Wiley & Sons., Hoboken, pp. 209-240.

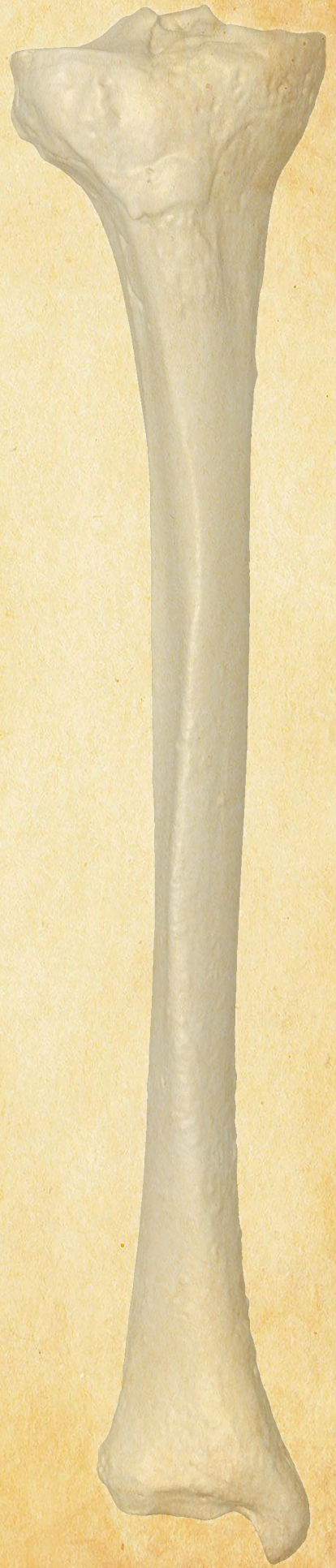
- Saers, J.P.P., DeMars, L.J., Stephens, N.B., et al. 2020. Combinations of trabecular and cortical bone properties distinguish various loading modalities between athletes and controls. *American Journal of Physical Anthropology* 174 (3), 434-450.
- Sánchez Cebrián, P., 2015. La cueva de Chaves: estudio de la organización microespacial durante el Neolítico. *SALDVIE* 15, 35-51.
- Sanchis, A., Tormo, C., Sauqué, V., et al., 2015. Pleistocene leopards in the Iberian Peninsula: New evidence from palaeontological and archaeological contexts in the Mediterranean region. *Quaternary Science Reviews* 124, 175-208.
- San Emeterio, A., Rios-Garaizar, J., 2017. Estudio de las industrias líticas de la cueva de Aitzbitarte III (zona del interior) en: Altuna, J., Mariezcurrera, K., San Emeterio, A., (Eds.), *Ocupaciones Humanas en Aitzbitarte III (País Vasco). 26.000- 13.000 BP (Zona Profunda de la Cueva)*. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco, Vitoria-Gasteiz, pp. 33-186.
- San Jose, S., 2016. Los inicios de la metalurgia del hierro en Euskal Herria. La Edad del Hierro en: Orue-Etxebarria, Urkiza, X., Apellániz Ingunza, M.E., Gil Crespo, P.P. (Eds.), *Historia del hierro en Bizkaia y su entorno*. Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco: Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País, Comisión de Bizkaia, Bilbao, pp. 53-76.
- Santamaría Álvarez, D., de la Rasilla Vives, M., 2013. Datando el final del Paleolítico medio en la Península Ibérica. Problemas metodológicos y límites de la interpretación. *Trabajos de Prehistoria* 70 n°2, 241-263.
- Santos Arévalo, F.J., Agulló García, L., Diégez Ferrari, A., et al., 2015. Datación radiocarbónica y arqueología: la experiencia del centro nacional de aceleradores (Sevilla). *Menga: Revista de Prehistoria de Andalucía* n°6 95-111.
- Santos, F., Villote, S., 2019. Using quadratic discriminant analysis for osteometric pairmatching of long bone antimeres: an evaluation on modern and archaeological samples. *International Journal of Osteoarchaeology* 29 (6), 1022-1033.
- Sarasketa-Gartzia, I., Villalba-Mouco, V., le Roux, P., et al., 2018. Late Neolithic-Chalcolithic socio-economical dynamics in Northern Iberia. A multi-isotope study on diet and provenance from Santimamiñe and Pico Ramos archaeological sites (Basque Country, Spain). *Quaternary International* 10, 14-27.
- Sauvet, G., 2017. Arqueología y cronología: un trabajo en progreso. *Kobie Serie Anejo* n°16, 181-196.
- Scheuer, L., Black, S., Christie, A., 2000. *Developmental Juvenile Osteology*. Elsevier Academic Press, London.
- Serio Tejero, I., Heras Martínez, C., Galera Olmo, V., et al., 2018. El enterramiento colectivo de “El Perdido” (Torres de la Alameda-Madrid): paleodemografía y paleoauxología. *Complutum* Vol 29 (2), 299-317.
- Shackelford, L., 2007. Regional variation in the postcranial robusticity of Late Upper Paleolithic humans. *American Journal of Physical Anthropology* 133, 655-668.
- Shaw, C.N., 2011. Is “hand preference” coded in the hominin skeleton? An in-vivo study of bilateral morphological variation. *Journal of Human Evolution* 61, 480-487.
- Shaw, C.N., Stock, J.T., 2009a. Intensity, repetitiveness, and directionality of habitual adolescent mobility patterns influence the tibial diaphysis morphology of athletes. *American Journal of Physical Anthropology* 140, 149-159.
- Shaw, C.N., Stock, J.T., 2009b. Habitual throwing and swimming correspond with upper limb diaphyseal strength and shape in modern human athletes. *American Journal of Physical Anthropology* 140, 160-172.
- Shaw, C.N., Stock, J.T., 2011. The influence of body proportions on femoral and tibial midshaft shape in hunter-gatherers. *American Journal of Physical Anthropology* 144, 22-29.
- Shaw, C.N., Stock, J.T., 2013. Extreme mobility in the Late Pleistocene? Comparing limb biomechanics among fossil Homo, varsity athletes and Holocene foragers. *Journal of Human Evolution* 64 (4), 242-249.
- Silva, P.G., Bardají, T., Roquero, E., et al., 2017. El Periodo Cuaternario: La Historia Geológica de la Prehistoria. *Cuaternario y Geomorfología* 31, 113-154.
- Sládek, V., Berner, M., Sailer, R., 2006. Mobility in Central European Late Eneolithic and Early Bronze Age: Femoral cross-sectional geometry. *American Journal of Physical Anthropology* 130, 320-332.
- Sládek, V., Berner, M., Sosna, D., et al., 2007. Human manipulative behavior in the Central European Late Eneolithic and Early Bronze Age: Humeral bilateral asymmetry. *American Journal of Physical Anthropology* 133, 669-681.

- Sládek, V., Ruff, C.B., Berner, M., et al., 2016. The impact of subsistence changes on humeral bilateral asymmetry in Terminal Pleistocene and Holocene Europe. *Journal of Human Evolution* 92, 37-49.
- Sládek, V., Berner, M., Holt, B., et al., 2018. Past Human Manipulative Behavior in the European Holocene as Assessed Through Upper Limb Asymmetry in: Ruff, C.B. (Ed.), *Skeletal Variation and Adaptation in Europeans: Upper Paleolithic to the Twentieth Century*. John Wiley & Sons., Hoboken, pp. 163-208.
- Smith, B.H., 1991. Standards of human tooth formation and dental age assessment. In: Kelley, M.A. and Larsen, C.S. (Eds.), *Advances in Dental Anthropology*, Wiley-Liss, New York, pp.143-168.
- Sonlleva Jiménez, D., Galera Olmo, V., Heras Martínez, C. M., 2012. El enterramiento colectivo de época calcolítica del yacimiento de “El Perdido” (Torres de la Alameda). Una visión desde la antropología física. *Actas de las novenas jornadas de Patrimonio Arqueológico en la Comunidad de Madrid*, 175-186.
- Sparacello, V.S., Marchi, D., 2008. Mobility and subsistence economy: A diachronic comparison between two groups settled in the same geographical area (Liguria, Italy). *American Journal of Physical Anthropology* 136, 485-495.
- Sparacello, V.S., Pearson, O.M., 2010. The Importance of Accounting for the Area of the Medullary Cavity in Cross-Sectional Geometry: A Test Based on the Femoral Midshaft. *American Journal of Physical Anthropology* 143, 612-624.
- Sparacello, V.S., Pearson, O.M., Coppa, A., et al., 2011. Changes in skeletal robusticity in an iron age agropastoral group: The samnites from the Alfedena necropolis (Abruzzo, Central Italy). *American Journal of Physical Anthropology* 144, 119-130.
- Sparacello, V.S., Villote, S., Shackelford, L. L., et al., 2017. Patterns of humeral asymmetry among Late Pleistocene humans. *Comptes Rendus Palevol* 16, 680-689.
- Sparacello, V., Villote, S., Shaw, C., et al., 2018. Changing mobility patterns at the Pleistocene-Holocene transition. *Palaeolithic Italy: Advanced Studies on Early Human Adaptations in the Apennine Peninsula*, 357-396.
- Steinly, D., 2006. K-means clustering: a half-century synthesis. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology* 59, 1-34.
- Sterling, T., Anderson, M., Brodowicz, M., 2018. Chapter 19 - MapReduce, in: Sterling, T., Anderson, M., Brodowicz, M. (Eds.), *High Performance Computing*. Morgan Kaufmann, Boston, pp. 579-589.
- Stock, J.T., 2002. A test of two methods of radiographically deriving long bone cross-sectional properties compared to direct sectioning of the diaphysis. *International Journal of Osteoarchaeology* 12 (5), 335-342.
- Stock, J.T., 2006. Hunter-gatherer postcranial robusticity relative to patterns of mobility, climatic adaptation, and selection for tissue economy. *American Journal of Physical Anthropology* 131, 194-204.
- Stock, J.T., Pfeiffer, S., 2001. Linking structural variability in long bone diaphysis to habitual behaviors: foragers from the Southern African Later Stone Age and the Andaman Islands. *American Journal of Physical Anthropology* 115, 337-348.
- Stock, J.T., Pfeiffer, S., 2004. Long bone robusticity and subsistence behaviour among Later Stone Age foragers of the forest and fynbos biomes of South Africa. *Journal of Archeological Science* 31 (7), 999-1013.
- Stock, J.T., Shaw, C.N., 2007. Which Measures of Diaphyseal Robusticity are Robust? A Comparison of External Methods of Quantifying the Strength of Long Bone Diaphyses to Cross-sectional Geometric Properties. *American Journal of Physical Anthropology* 134, 412-423.
- Stock, J.T., O'Neill, M.C., Ruff, C.B., et al., 2011. Body Size, Skeletal Biomechanics, Mobility and Habitual Activity from the Late Palaeolithic to the Mid-Dynastic Nile Valley in: Pinhasi, R., Stock, J.T. (Eds.), *Human bioarchaeology of the transition to agriculture*. John Wiley & Sons., Hoboken, pp. 347-367.
- Stock, J.T., Shirley, M.K., Sarringhaus, L.A., et al., 2013. Skeletal evidence for variable patterns of handedness in chimpanzees, human hunter-gatherers, and recent British populations. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1288, 86-99.
- Straus, L.G., 1991. Epipaleolithic and Mesolithic adaptations in Cantabrian Spain and Pyrenean France. *Journal of World Prehistory* 5, 83-104.
- Straus, L.G., 1992. *Iberia Before the Iberians. The Stone Age Prehistory of Cantabrian Spain*. University of New México, Albuquerque.
- Straus, L.G., 2018. Environmental and cultural changes across the Pleistocene-Holocene transition in Cantabrian Spain. *Quaternary International* 465, 222-233.

- Suárez Bilbao, A., Castaños, P., Arribas, J., et al., 2018. Study of vertebrates from Lumentza site (Lekeitio, northern Iberian Peninsula). *XVIIIe congrès mondial UISPP Congress*, Paris, pp. 274-275.
- Subirà, M.E., López-Onaindia, D., Yll, R., 2016. Cultural changes in funeral rites during the neolithic in the northeast of the Iberian peninsula? The cave of Pantà de Foix (Barcelona). *International Journal of Osteoarchaeology* 26, 104–113. <https://doi.org/10.1002/oa.2400>.
- Sumner, D.R., Mockbee, B., Morse, K., 1985. Computed tomography and automated image analysis of prehistoric femora. *American Journal of Physical Anthropology* 68, 225-232.
- Szécényi-Nagy, A., Roth, C., Brandt, G., et al., 2017. The maternal genetic make-up of the Iberian Peninsula between the Neolithic and the Early Bronze Age. *Scientific Reports* 7 (1) 15644, 1-15.
- Tapia Sagarna, J., Álvarez-Fernández, E., Cubas Morera, M., et al., 2008. La cueva de Linatzeta (Lastur, Deba, Gipuzkoa) Un nuevo contexto para el estudio del Mesolítico en Gipuzkoa. *Munibe (Antropología-Arkeología)* 59, 119-131.
- Tapia, J., Cubas, M., Ceberio, M., et al., 2016. San Adrian: un nuevo yacimiento de la Edad del Bronce en el norte de la península Ibérica. *Munibe (Antropología-Arkeología)* 67, 363-375.
- Trinkaus, E., 1985. Pathology and the posture of the La Chapelle-aux-Saints Neandertal. *American Journal of Physical Anthropology* 67, 19-41.
- Trinkaus, E., 2009. The Human Tibia from Broken Hill, Kabwe, Zambia. *PaleoAnthropology* 2009, 145-165.
- Trinkaus, E., Ruff, C.B., 1989. Diaphyseal cross-sectional morphology and biomechanics of the Fond-de-Forêt 1 femur and the Spy 2 femur and tibia. *Bulletin de la Société Royale d'Anthropologie et Préhistoire* n°100, 33-42.
- Trinkaus, E., Ruff, C.B., 2012. Femoral and tibial diaphyseal cross-sectional geometry in Pleistocene Homo. *PaleoAnthropology* 2012, 13-62.
- Trinkaus, E., Churchill, S.E., Ruff, C.B., 1994. Postcranial robusticity in Homo. II: Humeral bilateral asymmetry and bone plasticity. *American Journal of Physical Anthropology* 93 (1), 1-34.
- Trotter, M., Gleser, G.C., 1952. Estimation of stature from long bones of American Whites and Negroes. *American Journal of Physical Anthropology* 10, 463-514.
- Trotter, M., Gleser, G.C., 1958. A re-evaluation of estimation of stature based on measurements of stature taken during life and of long bones after death. *American Journal of Physical Anthropology* 16, 79-123.
- Uriarte, A., 2009. *Historia del clima de la Tierra*. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco, Vitoria-Gasteiz.
- Utrilla, P., Mazo, C., Sopena, M. C., et al., 2007. Rios, montañas y charcas: una representación de paisaje en el bloque 1 de la cueva de Abauntz. *Veleia* 24-25, 229-260.
- Utrilla, P., Mazo, C., Rivero, O., et al., 2013. Mirando de nuevo a Isturitz. El tema del alisador del bisonte en el Magdaleniense medio de Abauntz, en: de la Rasilla, M., (Ed.), F. Javier Fortea Pérez: *Universitatis Ovetensis Magister: Estudios en Homenaje*. Universidad de Oviedo, Oviedo, pp. 247-261.
- Utrilla, P., Mazo, C., Lorenzo, J.I., 2014. Rituales funerarios en el calcolítico de Abauntz. Un ejemplo de lesión con supervivencia. *Salduie: Estudios de Prehistoria y Arqueología* 13-14, 297-314.
- Utrilla, P., Mazo, C., Domingo, R., 2015. Fifty thousand years of prehistory at the cave of Abauntz (Arraitz, Navarre): a nexus point between the Ebro Valley, Aquitaine and the Cantabrian Corridor. *Quaternary International* 364, 294-305.
- Utrilla Miranda, P., Laborda Lorente, R. 2018. La cueva de Chaves (Bastarás, Huesca): 15.000 años de ocupación prehistórica. *Trabajos de Prehistoria* 75 n°2, 248-269.
- Valdiosera, C., Günther, T., Vera-Rodríguez, J.C., et al., 2018. Four millenia of Iberian biomolecular prehistory illustrate the impact of prehistoric migrations at the far end of Eurasia. *PNAS* vol. 115 n°13, 3428-3433.
- Varela Pérez, R. 2013. El yacimiento neolítico de Caño Bajo (La Rambla, Córdoba). *Arte, arqueología e historia* 20, 135-146.
- Vegas, J.I. (Coord.), 2007. *San Juan Ante Portam Latinam: Una inhumación colectiva prehistórica en el valle medio del Ebro: memoria de las excavaciones arqueológicas, 1985, 1990, 1991*. Diputación Foral de Álava, Vitoria.
- Vegas, J.I., Armendáriz, Á., Etxeberria, F., et al., 1999. San Juan ante Portam Latinam. Una sepultura colectiva en el valle medio del Ebro. *Revista de Arqueología* 224, 14-25.

- Vegas, J., Armendáriz, Á., Etxeberria, F., et al., 2012. Prehistoric violence in northern Spain, in: Schulting, R.J., Fibiger, L. (Eds.), *Sticks, Stone and Broken bones: Skeletal Evidences for Interpersonal Violence in Neolithic Europe*. Oxford University Press, Oxford, pp. 265-302.
- Vergès, J.M., Allué, E., Agelucci, D.E., et al., 2002. La Sierra de Atapuerca durante el Holoceno: datos preliminares sobre las ocupaciones de la Edad del Bronce en la cueva de El Mirador (Ibeas de Juarros, Burgos). *Revista de Trabajos de Prehistoria* 59 (1), 107-126.
- Vergès, J.M., Allué, E., Agelucci, D.E., et al., 2008. Los niveles neolíticos de la cueva de El Mirador (Sierra de Atapuerca, Burgos): nuevos datos sobre la implantación y el desarrollo de la economía agropecuaria en la submeseta norte, en: Hernández, M., Soler, J.A., López, J. (Eds.), *IV Congreso del Neolítico Peninsular*. Museo Arqueológico de Alicante, Alicante, pp. 418-427.
- Vergès, J.M., Allué, E., Fontanals, M., et al., 2016. El Mirador cave (Sierra de Atapuerca, Burgos, Spain): A whole perspective. *Quaternary International* 414, 236-243.
- Villalba-Mouco, V., Sarasketa-Gartzia, I., Utrilla, P., et al., 2018. Stable isotope ratio analysis of bone collagen as indicator of different dietary habits and environmental conditions in northeastern Iberia during the 4th and 3rd millennium cal B.C. *Archaeological and Anthropological Sciences* 11, 3931-3947.
- Villalba-Mouco, V., Oliart, C., Rihuete-Herrada, C., et al., 2021. Genomic transformation and social organization during the Copper Age-Bronze Age transition in southern Iberia. *Science Advances* 7, eabi7038.
- Wacker, J.F., Eider, G.C., Lehn, S.A., et al., 2017. *Accelerator Mass Spectrometry (AMS)*. Encyclopedia of Spectroscopy and Spectrometry (Third Edition), 15-17.
- Wagstaff, K., Cardie, C., Rogers, S., et al., 2001. Constrained K-means Clustering with Background Knowledge. *ICML '01: Proceedings of the Eighteenth International Conference on Machine Learning*, 577-584.
- Wainwright, S., Biggs, W., Currey, J., Gosline, J., 1982. *Mechanical design in organisms*. Princeton University Press, New Jersey.
- Waters, C.N., Zalasiewicz, J., Summerhayes, C., et al., 2016. The Anthropocene is functionally and stratigraphically distinct from the Holocene. *Science* vol. 351 issue 6269, 137-147.
- Wells, J.C.K., Stock, J.T., 2020. Life history transitions at the origins of agriculture: a model for understanding how niche construction impacts human growth, demography and health. *Frontiers in endocrinology* 11: 325.
- Wescott, D.J., Cunningham, D.L., 2006. Temporal changes in Arikara humeral and femoral cross-sectional geometry associated with horticultural intensification. *Journal of Archaeological Science* 33 (7), 1022-1036.
- White, T.D., Folkens, P.A., 2005. *The human bone manual*. Elsevier Academic Press, New York.
- White, T.D., Black, M.T., Folkens, P.A., 2012. *Human Osteology*, 3th Edition. Elsevier Academic Press, Amsterdam.
- Will, M., Stock, J.T., 2015. Spatial and temporal variation of body size among early Homo. *Journal of Human Evolution* 82, 15-33.
- Wolff, J., 1892. *Das Gesetz der Transformation der Knochen*. A. Hirschwild, Berlin.
- Yánez, C., Malgosa, A., Burjachs, F., et al., 2002. El mon funerari al final del V mil·lenni a Andorra: la tomba de Segudet (Ordino). *Cypselia* 14, 175-194.
- Yustos, M., Lozano, M., Morales, J.I., et al., 2020. Degenerative joint disease in the Chalcolithic population of El Mirador cave (Sierra de Atapuerca, Spain): The vertebral column. *International Journal of Osteoarchaeology*.
- Zalasiewicz, J., Waters, C.N., Williams, M., et al., 2015. When did the Anthropocene begin? A mid-twentieth century boundary level is stratigraphically optimal. *Quaternary International* 383, 196-203.
- Zalasiewicz, J., Waters, C.N., Head, M.J., et al., 2019. A formal Anthropocene is compatible with but distinct from its diachronous anthropogenic counterparts: a response to W.F. Ruddiman's "three-flaws in defining a formal Anthropocene". *Progress in Physical Geography: Earth and Environment* 43 (3), 319-333.
- Zapata, L., 1995. La excavación del depósito sepulcral calcolítico de la cueva Pico Ramos (Muskiz, Bizkaia). La industria ósea y los elementos de adorno. *Munibe (Antropología-Arkeología)* 47, 35-90.
- Zapata Peña, L., 2002. *Origen de la agricultura en el País Vasco y transformaciones en el paisaje: análisis de restos vegetales arqueológicos*. Bizkaiko Foru Aldundia-Diputación Foral de Bizkaia, Bilbao.
- Zapata Peña, L., 2005. Agricultura prehistórica en el País Vasco litoral. *Munibe (Antropología-Arkeología)* 57, 553-561.

- Zilhão, J., 1992. *Gruta do Caldeirão. O Neolítico Antigo*. Trabalhos de Arqueologia 6. Instituto Português do Património Arquitectónico e Arqueológico, Lisbon.
- Zilhão, J., 2001. Radiocarbon evidence for maritime pioneer colonization at the origins of farming in west Mediterranean Europe. *PNAS* 98, 14180–14185.
- Zumalabe F., 1993. Langatxoko Lezea (Mutriku). IV. Indusketa Kanpaina. Arkeoikuska Arkeologi Ikerketa-*Investigación arqueológica* 1993, 168-172.
- https://historia.nationalgeographic.com.es/a/hombre-loizu-restos-humanos-mas-antiguos-descubiertos-navarra_16517 (Accesssed 3rd june 2021)
- <https://geolodiaavila.com/2019/04/03/metodo-de-datacion-por-radiocarbono-o-carbono-14/> (Accesssed 3rd june 2021)
- <https://www.crowcanyon.org/index.php/dendrochronology> (Accesssed 3rd june 2021)



APÉNDICES

APÉNDICES: ARTÍCULOS

En este apartado se incluyen cinco artículos publicados por la autora de esta Tesis Doctoral, tres como primer autora en revistas de primer cuartil (García-Sagastibelza et al., 2020a, 2020b, 2021), un cuarto en relación con el Trabajo Final de Máster y un quinto en colaboración con uno de mis directores de la Tesis Doctoral (i.e., Asier Gómez-Olivencia). Cada uno de los cinco artículos publicados hace alusión a diferentes capítulos de este trabajo, complementando entre sí el corpus de esta Tesis Doctoral. Las publicaciones y los capítulos correspondientes son los siguientes:

Primer artículo: Capítulo 4

García-Sagastibelza, A., 2017. Los restos humanos de la cueva de Atxuri I (Mañaria) dentro del contexto del uso sepulcral de las cuevas en Bizkaia. *Estudios de Cuaternario / Kuaternario Ikasketak / Quaternary Studies* 7, 19-37. (Trabajo Final de Máster posteriormente).

Segundo artículo: Capítulos 3, 4 y 5

García-Sagastibelza, A., Arribas Pastor, J.L., López-Onaindia, D., Pomeroy, E., Rodríguez-Hidalgo, A., Castex, D., Couture-Veschambre, C., Gómez-Olivencia, A., 2020a. The human remains from the Lumentxa cave (Lekeitio, Biscay, Northern Iberian Peninsula): Paleobiology, taphonomy and chronology. *Quaternary International* 566-567, 191-210. DOI: [10.1016/j.quaint.2020.06.043](https://doi.org/10.1016/j.quaint.2020.06.043).

Tercer artículo: Capítulos 3, 4 y 5

García-Sagastibelza, A., López-Onaindia, D., Lambacher, N., Pomeroy, E., Cubas, M., Subirà, M.E., Castex, D., Couture-Veschambre, C., Gómez-Olivencia, A., 2020b. The funerary use of caves during the Holocene in the Atlantic Western Pyrenees: new information from Atxuri and Txotxinkoba caves (Biscay, Northern Iberian Peninsula). *Quaternary International* 566-567, 171-190. DOI: [10.1016/j.quaint.2020.09.029](https://doi.org/10.1016/j.quaint.2020.09.029).

Cuarto artículo: Capítulos 3 y 4

Rios-Garaizar, J., San Emeterio, A., Larrea Robles, M., Cubas, M., García-Sagastibelza, A., Garate Maidagan, D., Peyroteo Stjerna, R., Núñez-Lahuerta, C., Gómez-Olivencia, A., 2020. La secuencia prehistórica de la cueva de Abittaga (Amoroto, Bizkaia): evaluación de las excavaciones de J.M. Barandiarán Ayerbe (1964-1966), Munibe (*Arkeologia-Antropologia*) 71. DOI: [10.21630/maa.2020.71.06](https://doi.org/10.21630/maa.2020.71.06).

Quinto artículo: Capítulo 3

García-Sagastibelza, A., López-Onaindia, D., Lambacher, N., Pomeroy, E., Cubas, M., Subirà, M.E., Castex, D., Couture-Veschambre, C., Gómez-Olivencia, A., 2021. Corrigendum to “The funerary use of caves during the Holocene in the Atlantic Western Pyrenees: new information from Atxuri and Txotxinkoba caves (Biscay, Northern Iberian Peninsula) [Quat. Int. 566-567 (2020) 171-190]”. *Quaternary International* 595, 155-156.. DOI: [10.1016/j.quaint.2021.04.021](https://doi.org/10.1016/j.quaint.2021.04.021).

Los restos humanos de la cueva de Atxuri I (Mañaria) dentro del contexto del uso sepulcral de las cuevas en Bizkaia

The human bones from Atxuri I cave (Mañaria) in the context of the burial use of caves in Biscay

PALABRAS CLAVES: Atxuri I, resto óseo, cueva sepulcral, datación, cronología.
KEY WORDS: Atxuri I, human bone, burial cave, dating, chronology.

Andrea GARCÍA SAGASTIBELZA⁽¹⁾

RESUMEN

En la cueva de Atxuri I (Mañaria, Bizkaia), existen evidencias arqueopaleontológicas del uso de la misma, no solo durante el Holoceno, sino también durante el Paleolítico Superior. El presente trabajo aborda por primera vez el estudio antropológico de los restos óseos humanos recuperados en este yacimiento. En la colección se han contabilizado un mínimo de 357 unidades anatómicas, que representa un mínimo de nueve individuos (seis adultos y tres inmaduros). Entre los adultos se ha podido determinar la presencia de al menos un hombre y dos mujeres.

ABSTRACT

There are archaeopaleontological evidences of the use of the cave Atxuri I (Mañaria, Biscay), not only during the Holocene, but also during the Upper Palaeolithic. The present study aims for the first time the anthropological study of the human bones recovered in the same cave. In the Atxuri I sample, a minimum of 357 human remains are present, which represent a minimum number of nine individuals (six adults and three immature individuals). It has been possible to identify at least one man and two women among the adults.

1.- CONTEXTO Y ANTECEDENTES

La cueva Atxuri I, hoy desaparecida por la construcción de la cantera de Markomin Goikoa, estaba situada cerca de la localidad de Mañaria (Bizkaia), en el monte que recibe el mismo nombre (CASTAÑOS, 1986). La cavidad se encontraba en un desfiladero formado entre los montes Mugarra y Untzillatx (NOLTE, 1957), a unos 225 m.s.n.m. La entrada tenía una orientación Sur y presentaba las siguientes dimensiones: 2 m de altura; 2,50 m de ancho y 17-18 m de profundidad (Figuras 1 y 2) (APELLANIZ, 1973).



Figura 1. Localización geográfica de la cueva de Atxuri I, junto a otros yacimientos de Bizkaia. 1. Atxuri I; 2. Arlanpe; 3. Balzola; 4. Bolinkoba; 5. Askondo; 6. Santimamiñe; 7. Santa Catalina; 8. Lumentxa. (Fuente: Google Earth).

Figure 1. Geographic location of Atxuri I cave and other caves in Biscay. 1. Atxuri I; 2. Arlanpe; 3. Balzola; 4. Bolinkoba; 5. Askondo; 6. Santimamiñe; 7. Santa Catalina; 8. Lumentxa. (Source: Google Earth).

⁽¹⁾ Departamento de Estratigrafía y Paleontología, Universidad del País Vasco/ Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU), Facultad de Ciencia y Tecnología, Apartado 644, 48080 Bilbao. E-mail: andrea-21-04@hotmail.com

Directores: Asier Gómez-Olivencia (Departamento de Estratigrafía y Paleontología, UPV/EHU) and Concepción de la Rúa Vaca (Departamento de Genética, Antropología Física y Fisiología Animal, UPV/EHU).



Figura 2. Localización geográfica de la cantera de Markomin Goikoa. El círculo indica aproximadamente la ubicación de la cueva de Atxuri I antes de su destrucción. (Fuente: Google Earth).

Figure 2. Geographic location of Markomin Goikoa's quarry. The circle points out approximately the position of Atxuri I cave before its destruction. (Source: Google Earth).

El yacimiento fue descubierto por José Miguel de Barandiarán en 1929, momento a partir del cual se realizaron dos intervenciones arqueológicas. La primera excavación fue llevada a cabo por Nolte en 1957, tras realizar una visita de manera independiente en 1956 (NOLTE, 1957; GARATE, 2012). El segundo periodo de excavación fue dirigido por José Miguel de Barandiarán, quien intervino en dos campañas de emergencia en 1960 y 1961 (BARANDIARÁN, 1964; CASTAÑOS, 1986), aunque otros autores afirman que finalizaron en 1962 (APELLANIZ, 1973; GARATE, 2012). Estas excavaciones de urgencia se realizaron debido a la inminente destrucción de la cueva por los trabajos de la cantera de Markomin Goikoa, que culminó en el tercer cuarto del siglo XX (CASTAÑOS, 1986). En el Arkeologi Museoa (Bilbao) están depositados los restos arqueológicos, paleontológicos y antropológicos recuperados en estos dos periodos.

Respecto a la estratigrafía, únicamente hay constancia de las valoraciones realizadas por José Miguel de Barandiarán sobre la primera parte de la segunda excavación de 1961 (BARANDIARÁN, 1964). La destrucción de la cueva ha impedido reconstruir su secuencia estratigráfica, ya que la información disponible era deficiente y la estratigrafía estaba revuelta, posiblemente debido a la acción de buscadores de tesoros (GARATE, 2012).

Existen evidencias arqueo-paleontológicas y dataciones directas que muestran que el yacimiento de Atxuri I fue ocupado durante el Pleistoceno y posteriormente durante el Calcolítico, ya en el Holoceno. En primer lugar, la lítica recuperada indicaría la presencia de ocupaciones paleolíticas. La presencia de materiales como puntas con muescas típicas, puntas de laurel, buriles de Noailles y pequeñas azagayas monobiseladas, entre otros, sugieren que la cavidad estuvo habitada durante el Solutrense (GARATE, 2012). Aun así, a pesar de la falta de información, no se puede descartar la presencia del ser humano durante otros periodos del Paleolítico Superior. Por otra parte, ARIAS (1989) atribuye una parte de la industria lítica al periodo del Calcolítico avanzado, observando características técnicas y tipológicas semejantes a las de los yacimientos cántabros. El inicio de su fabricación fue datado cronológicamente en el tercer milenio B.C. La presencia de cerámica indica también ocupaciones durante el Holoceno.

En cuanto al arte, no puede determinarse con certeza la presencia de arte parietal en el yacimiento por falta de fotografías, aunque hay constancia de que en un lienzo calizo se encontraron unos pequeños trazos de color ocre rojo. No se ha podido demostrar si los trazos hacían referencia a un animal o si se trataba de un signo específico, ni la época en la que fueron realizados (FERNÁNDEZ, 1971). Por otra parte, se encuentra una pieza de arte mueble de la zona revuelta (un fragmento de asta con decoración en relieve). Esta pieza se ha datado directamente mediante Carbono 14, dando una cronología de 9.625 ± 80 B.P., por lo que pertenecería a la cultura Aziliense (E.A.E.K.M., 1995).

En cuanto a la fauna, se han recuperado taxones domésticos que hacen referencia a ocupaciones neolíticas o posteriores (bien avanzado el Holoceno) y otros taxones que desaparecieron al final del Pleistoceno o comienzos del Holoceno. Dentro del primer grupo podemos citar la oveja y la cabra doméstica. En el segundo grupo se encontrarían el leopardo (*Panthera pardus*) y el reno (*Rangifer tarandus*) y en (CASTAÑOS, 1986). Un resto de *Rangifer tarandus* fue datado directamente en 13.030 ± 60 B.P. (GÓMEZ-OLIVENCIA *et al.*, 2014a), lo que indicaría la presencia de depósitos de restos óseos durante el Paleolítico Superior. El leopardo se extinguió a finales del Pleistoceno, aunque es posible que en la Península Ibérica la especie sobreviviera hasta el tardiglacial o el Holoceno inicial (SANCHIS *et al.*, 2015).

A pesar de que se hayan atribuido cronologías en torno al Eneolítico / Edad del Bronce (FERNÁNDEZ, 2005) o al Neolítico / Calcolítico (PRIETO, 2002), no hay ninguna datación directa de huesos humanos (LUIS VALDÉS, comunicación personal). Algunos autores (PRIETO, 2002; FERNÁNDEZ, 2005) han utilizado restos óseos humanos para realizar estudios metodológicos y de análisis de polimorfismos de DNA mitocondrial. Los resultados obtenidos en estos estudios no aportan información sobre sus haplogrupos.

2.- OBJETIVOS

El objetivo general del presente trabajo consiste en realizar el estudio antropológico de los restos humanos del yacimiento de Atxuri I (Mañaría), para poder avanzar en el conocimiento del uso funerario de las cuevas en Bizkaia durante la Prehistoria.

Para ello, los objetivos específicos propuestos son los siguientes:

1. Realizar la determinación anatómica y el inventario de los restos óseos, que están localizados en el Arkeologi Museoa, con el fin de poder describirlos y organizarlos adecuadamente.
2. Determinar el número mínimo de elementos (NME), la representatividad anatómica y el número mínimo de individuos (NMI); para conocer el tamaño de la población representada en el yacimiento.
3. Estimar la edad de muerte, el sexo, la estatura y la masa corporal de los individuos y describir de manera preliminar las patologías, para intentar conocer las características de los miembros de la población.
4. Contextualizar la información obtenida dentro del conocimiento existente del uso de cavidades y otras estructuras funerarias en Bizkaia y en zonas geográficas aledañas.

3.- MATERIALES Y MÉTODOS

El material estudiado del yacimiento de Atxuri I está depositado en el Arkeologi Museoa (Bilbao). En primer lugar se realizará un inventario detallado de todos los restos óseos presentes en la colección del Arkeologi Museoa (n= 357), indicando la región anatómica, el lado, y la edad de muerte (WHITE y FOLKENS, 2005).

Número mínimo de elementos (NME)

Debido a que el material objeto de este estudio está muy fragmentado, la determinación del número mínimo de elementos anatómicos (o huesos) indica el número de elementos de cada región anatómica que está representada en la colección. Para ello, se tuvo en cuenta la repetición de una misma región anatómica y las incompatibilidades por edad de muerte. Los restos más fragmentarios y/o menos diagnósticos no fueron contabilizados.

Representatividad anatómica

En base a los resultados obtenidos en el NME, se intentó determinar la posible existencia de sesgos en la representación de alguna región anatómica. Para ello, se calculó (y representó gráficamente) la proporción de cada región anatómica representada y la que cabría esperar si se tratasen de esqueletos completos (ARSUAGA *et al.*, 2015).

Número mínimo de individuos (NMI)

El número mínimo de individuos representado en la colección de Atxuri I se determinó por medio de la contabilización de restos óseos con la misma región anatómica y lado. También se tuvieron en consideración las incompatibilidades debido a la edad de muerte.

Edad de muerte

Para poder realizar la estimación de la edad de muerte, se utilizaron métodos distintos en función del estado de desarrollo observado en los restos esqueléticos.

En primer lugar, en los individuos inmaduros, se estudiaron los siguientes parámetros:

1. La longitud máxima de la diáfisis de los huesos largos (SCHEUER y BLACK, 2000).
2. El grado de fusión de las epífisis (WHITE y FOLKENS, 2005).
3. El grado de calcificación y de erupción de la dentición (BUIKSTRA y UBELAKER, 1994).

Por otra parte, en los individuos adultos se ha estudiado:

1. El desgaste dental en maxilares y mandíbulas (Figura 3) (LOVEJOY, 1985).

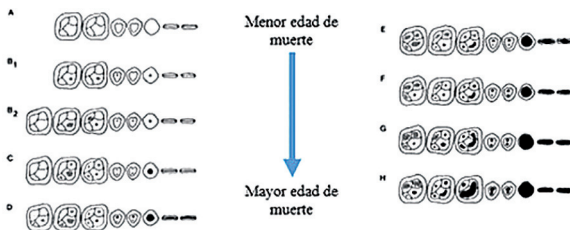


Figura 3. Estados funcionales del desgaste observados en maxilares (LOVEJOY, 1985).

Figure 3. Functional attritional states of the maxillary dentition (LOVEJOY, 1985).

Sexo

Debido a la ausencia de las pelvis y los cráneos, se utilizaron funciones discriminantes para estimar el sexo en el húmero (BASS, 1987). La elección de este hueso se debe a que es dimórfico, y a su vez, era la única parte anatómica que presentaba un número suficiente de restos en la etapa adulta y que estaba lo suficientemente completa como para poder realizar la estimación.

Estatura

La estimación de la estatura se ha realizado por medio de la medida de la longitud máxima de los huesos (BUIKSTRA y UBELAKER, 1994). En este caso se han estudiado en los fémures, pero debido a su bajo número, se han utilizado también otras partes anatómicas como alternativa (astrágalos, calcáneos y metatarsos).

En el caso de los huesos largos, se usaron las fórmulas de TROTTER y GLESER (1952), GENOVES (1967) y SCIULLI y GIESEN (1993); recogidas en AUERBACH y RUFF (2004). En los restos pertenecientes a las extremidades inferiores, la referencia utilizada es PABLOS *et al.* (2013) (Figura 4).

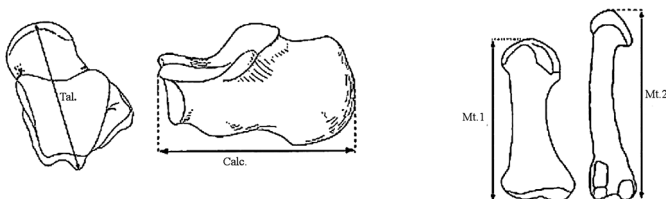


Figura 4. Medida de la longitud máxima en metatarsos, astrágalos y calcáneos (Modificado de PABLOS *et al.*, 2013).

Figure 4. Maximum length measurement in metatarsals, talus and calcaneus (Modified from PABLOS *et al.*, 2013).

Masa corporal

Para la estimación de la masa corporal se ha utilizado el diámetro máximo de la cabeza de los fémures, únicamente en individuos adultos (AUERBACH y RUFF 2004).

Identificación de patologías

Se ha realizado un estudio preliminar de *visu* de los restos óseos, en el que se ha observado la posible presencia de anomalías y/o patologías. Éstas se han intentado identificar a partir de bibliografía especializada (BUIKSTRA y UBELAKER, 1994; WHITE y FOLKENS, 2005).

El estudio de las patologías es complejo, puesto que muchas de ellas no suelen dejar ningún tipo de signo en el esqueleto humano y algunas pueden llegar a causar reacciones similares (WHITE y FOLKENS, 2005). Por tanto, en ocasiones puede llegar a dificultar el realizar el diagnóstico adecuado de la dolencia presente en un resto óseo determinado.

4.- RESULTADOS

4.1. Número Mínimo de Elementos (NME)

En Atxuri I se han contabilizado al menos 357 elementos o unidades anatómicas representadas (Tabla I). En este cómputo faltarían por introducir aquellos elementos que fueron destruidos en su totalidad para realizar los estudios de DNA mitocondrial previamente mencionados (PRIETO, 2002; FERNÁNDEZ, 2005). En la colección hay un fémur humano inmaduro, del cual no se especifica ninguna información, por lo que se ha decidido no introducirlo en este estudio.

En la siguiente tabla no se han tenido en cuenta los cráneos, ya que al estar tan fragmentados, dificultaba el poder obtener el NME.

	AD			SubAD	Indeterminado	Total
	M	F	?			
Maxilares + Mandíbulas			10	1	1	12
Maxilar indeterminado					1	1
Total Maxilares			6			6
Maxilar 1 (ATXI.29B.100/ATXI.29B.110)			3			3
Maxilar 2 (ATXI.29B.50/ATXI.31C.30)			2			2
Maxilar 3 (ATXI.31C.50A)			1			1
Total Mandíbulas			4	1		5
Mandíbula 1 (ATXI)			1			1
Mandíbula 2 (ATXI.17B.I.5)			1			1
Mandíbula 3 (ATXI.21B.II.20)			1			1
Mandíbula 4 (ATXI.27B.40)			1			1
Mandíbula 5 (ATXI.29B.110)				1		1
Dentición indeterminada					14	14
Total Dentición			73	3	49	125
Incisivos superiores			18		6	24
Incisivos inferiores			10		1	11
Caninos superiores			6			6
Caninos inferiores			5	1	2	8
Premolares superiores			11		5	16
Premolares inferiores			3		9	12
Molares superiores			12	1	7	20
Molares inferiores			8	1	5	14
Vértebras totales			19	6		25
Vértebras cervicales			4			4
Vértebras torácicas			9	3		12
Vértebras lumbares			6	3		9
Esternón			1			1
Costillas totales			2			2
Clavículas			3			3
Escápulas			1			1
Húmeros	1	1	2			4
Radios			2			2
Ulnas			5	1		6
Metacarpo indeterminado					1	1
Metacarpos			24	3	1	28

➔ (Sigue)

1º Metacarpo			8	1		9
2º Metacarpo			6	1		7
3º Metacarpo			5			5
4º Metacarpo			3			3
5º Metacarpo			2	1		3
Falanges de mano indeterminadas					2	2
Falanges de mano totales			58	12	2	72
1º Falange (Proximal)			25	4		29
2º Falange (Medio)			24	4		28
3º Falange (Distal)			9	4		13
Fémur			3			3
Tibia			4			4
Fíbula			1			1
Huesos tarsales			4			4
Astrágalo			2			2
Calcáneo			2			2
Metatarsos indeterminados					2	2
Metatarsos			20	5	2	27
1º Metatarso			8	1		9
2º Metatarso			1	1		2
3º Metatarso			2	1		3
4º Metatarso			5	2		7
5º Metatarso			4			4
Falange del pie indeterminadas					1	1
Falanges del pie totales			27	9	1	37
1º Falange (Proximal)			20	8		28
2º Falange (Medio)			5	1		6
3º Falange (Distal)			2			2
					NME TOTAL	357

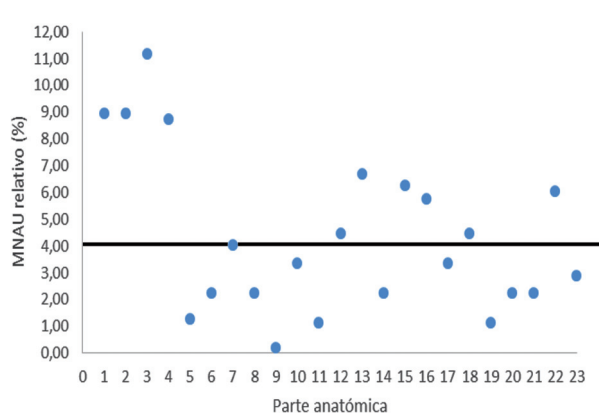
Tabla 1. Número mínimo de elementos (o unidades anatómicas) (NME) en la cueva de Atxuri I.

Table 1. Minimum number of elements (or anatomical units) (NME) in Atxuri I cave.

4.2. Representatividad anatómica

La Tabla II presenta el número de elementos representados en Atxuri I para cada región anatómica. En la primera gráfica (Figura 5), las partes anatómicas situadas por debajo de la línea están infrarrepresentadas, mientras que aquellas que se encuentran por encima, están sobrerrepresentadas. La línea representada tiene un valor de 4,35%, que es el valor resultado de dividir 100 % entre las 23 regiones anatómicas en las que se ha dividido el esqueleto en este estudio.

En la Figura 6 se representa el porcentaje acumulado de estos resultados frente a la distribución que cabría esperar si esqueletos completos estuviesen representados. La representación de los elementos es muy dispar, y hay elementos poco representados (vértebras cervicales, costillas, escápulas y peronés). Por otra parte, las partes anatómicas que están presentes en mayor proporción son los neurocráneos,



maxilares, mandíbulas y restos dentales, que en conjunto representan cerca del 40% de los restos óseos totales, cuando cabría esperar solamente una representación cercana al 18%.

Figura 5. Número mínimo de unidades anatómicas estimado para cada parte anatómica. 1: Neurocráneo; 2: Maxilares; 3: Mandíbulas; 4: Dentición; 5: Vértebras cervicales; 6: Vértebras torácicas; 7: Vértebras lumbares; 8: Esternón; 9: Costillas; 10: Clavículas; 11: Escápulas; 12: Húmeros; 13: Ulnas; 14: Radios; 15: Metacarpos; 16: Falanges de la mano; 17: Fémures; 18: Tibias; 19: Peronés; 20: Astrágalos; 21: Calcáneos; 22: Metatarsos; 23: Falanges del pie.

Figure 5. Minimal number of anatomical units estimated for every anatomical region. 1: Neurocranium; 2: Maxillae; 3: Mandibles; 4: Dentition; 5: Cervical vertebrae; 6: Thoracic vertebrae; 7: Lumbar vertebrae; 8: Sternum; 9: Ribs; 10: Clavicles; 11: Scapulae; 12: Humeri; 13: Ulnae; 14: Radii; 15: Metacarpals; 16: Hand phalanges; 17: Femora; 18: Tibiae; 19: Fibulae; 20: Tali; 21: Calcanei; 22: Metatarsals; 23: Foot phalanges.

Unidad Anatómica (AU)	Nº AU	Un esqueleto	MNAU	MNAU Relativo	% acumulado MNAU
Neurocráneo	4	1	4,00	8,94	8,94
Maxilares	4	1	4,00	8,94	17,89
Mandíbulas	5	1	5,00	11,18	29,07
Dentición	125	32	3,91	8,74	37,81
Vértebras cervicales	4	7	0,57	1,28	39,08
Vértebras torácicas	12	12	1,00	2,24	41,32
Vértebras lumbares	9	5	1,80	4,03	45,35
Esternón	1	1	1,00	2,24	47,58
Costillas	2	24	0,08	0,19	47,77
Clavículas	3	2	1,50	3,35	51,12
Escápulas	1	2	0,50	1,12	52,24
Húmeros	4	2	2,00	4,47	56,71
Ulnas	6	2	3,00	6,71	63,42
Radios	2	2	1,00	2,24	65,66
Metacarpos	28	10	2,80	6,26	71,92
Falanges de la mano	72	28	2,57	5,75	77,67
Fémures	3	2	1,50	3,35	81,02
Tíbias	4	2	2,00	4,47	85,50
Peronés	1	2	0,50	1,12	86,61
Astrágalos	2	2	1,00	2,24	88,85
Calcáneos	2	2	1,00	2,24	91,09
Metatarsos	27	10	2,70	6,04	97,12
Falanges del pie	37	28	1,29	2,88	100,00
TOTAL	358	180	44,72	100,00	

Tabla 2. Representatividad anatómica de los restos óseos en la cueva de Atxuri I. MNAU: número mínimo de unidades anatómicas, es decir, número de partes anatómicas de la muestra dividido entre el número de esos elementos que está presente en un esqueleto completo (Nº AU/ Un esqueleto) (ARSUAGA *et al.*, 2015).

Table 2. Anatomical representation of bone remains in Atxuri I cave. MNAU: minimum number of anatomical units, that is, the number of anatomical parts of the sample divided the number of this element in a complete skeleton (Nº AU/ One skeleton) (ARSUAGA *et al.*, 2015).

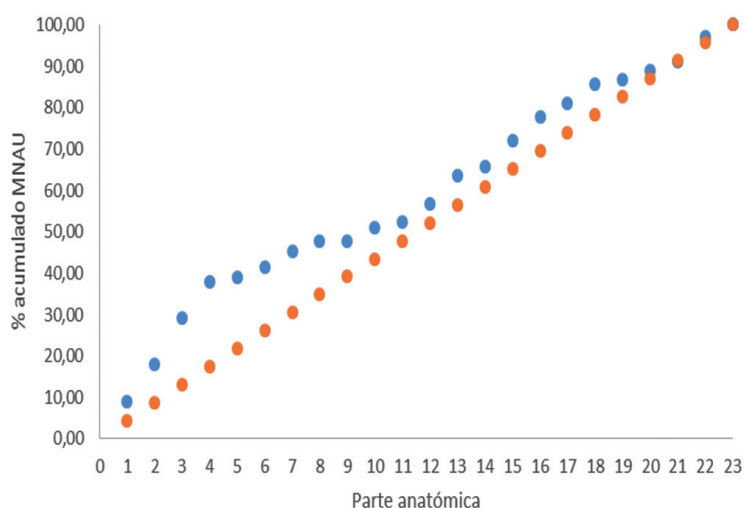


Figura 6. Porcentaje acumulado del número mínimo de unidades anatómicas (MNAU) obtenido en la muestra (color azul) frente al porcentaje acumulado esperado, en caso de que todos los huesos estén representados (color naranja). 1: Neurocráneo; 2: Maxilares; 3: Mandíbulas; 4: Dentición; 5: Vértebras cervicales; 6: Vértebras torácicas; 7: Vértebras lumbares; 8: Esternón; 9: Costillas; 10: Clavículas; 11: Escápulas; 12: Húmeros; 13: Ulnas; 14: Radios; 15: Metacarpos; 16: Falanges de la mano; 17: Fémures; 18: Tibias; 19: Peronés; 20: Astrágalos; 21: Calcáneos; 22: Metatarsos; 23: Falanges del pie.

Figure 6. Accumulate percentage of the minimal number of anatomical units (MNAU) obtained in the sample (blue colour) opposite the accumulate percentage expected, in case all bones were represented (orange colour). 1: Neurocranium; 2: Maxillae; 3: Mandibles; 4: Dentition; 5: Cervical vertebrae; 6: Thoracic vertebrae; 7: Lumbar vertebrae; 8: Sternum; 9: Ribs; 10: Clavicles; 11: Scapulae; 12: Humeri; 13: Ulnae; 14: Radii; 15: Metacarpals; 16: Hand phalanges; 17: Femora; 18: Tibiae; 19: Fibulae; 20: Tali; 21: Calcanei; 22: Metatarsals; 23: Foot phalanges.

4.3. Número Mínimo de Individuos (NMI)

El NMI es de nueve individuos, correspondiendo seis de ellos a individuos adultos y los tres restantes a individuos inmaduros (Tabla III). Siete individuos se han identificado en base a la presencia de siete metatarsos del lado derecho, los cuales pertenecen a seis individuos adultos y a uno inmaduro (Figura 7). En base a seis vértebras (tres vértebras torácicas y tres lumbares), tres metatarsos, un metacarpo, una ulna, una mandíbula y tres dientes se ha podido determinar la presencia de dos individuos inmaduros adicionales.

Estado de desarrollo	Número de individuos	Edad de muerte	Sexo	Huesos(s)	
				Claro	Posibles restos adicionales
INMADUROS	1	3-4 años	-	ulna, metatarso indeterminado, 2º molar decidua superior, vértebra torácica, vértebra lumbar	
	2	6-8 años	-	mandíbula, canino, 1º molar decidua inferior, metatarso indeterminado	1º metacarpo
	3	13-16 años	-	1º metatarso, 3º metatarso, 2 vértebras torácicas, 2 vértebras lumbares	1º metatarso
ADULTOS	4	18-22 años/ 20-24 años	2 individuos femeninos (1 húmero y 2 fémures) y 1 individuo masculino (1 húmero)	maxilar, 1º metatarso	2 fémures, 4 húmeros (2 con el sexo determinado y 2 indeterminados), 2 astrágalos, 2 calcáneos, 4 fragmentos de mandíbula y 1 fragmento de maxilar
	5	20-24 años/ 24-30 años		maxilar, 1º metatarso	
	6	> 40-50 años		maxilar, 1º metatarso	
	7	-		1º metatarso	
	8	-		1º metatarso	
	9	-		1º metatarso	

Tabla 3. Número mínimo de individuos (NMI) representados en la cueva de Atxuri I.
Table 3. Minimum number of individuals (NMI) represented in Atxuri I cave.

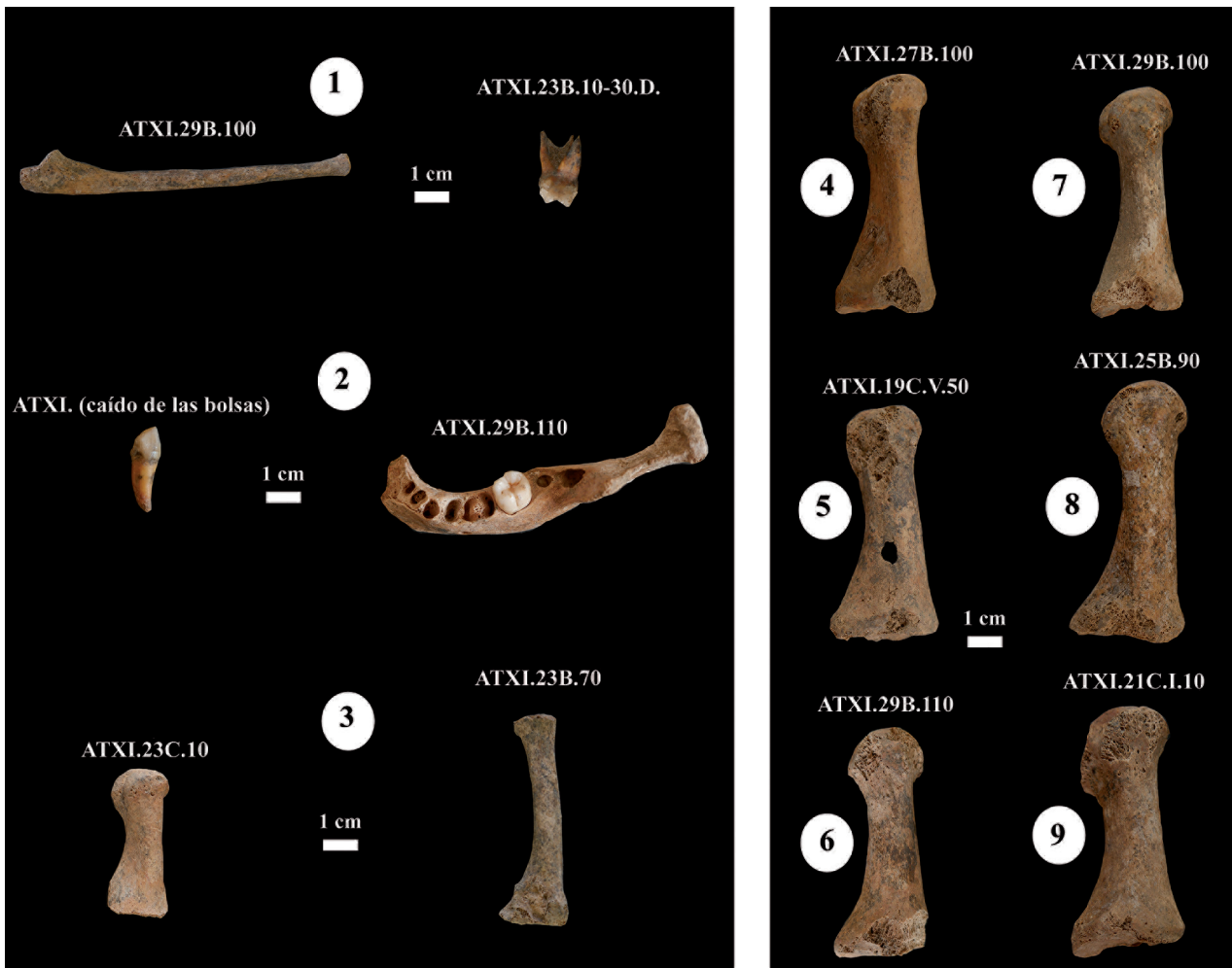


Figura 7. Vista mesial de los metatarsos y de la ulna, vista oclusal de la mandíbula, vista lingual del canino decidua y vista bucal del segundo molar superior decidua utilizados para estimar el NMI. Los individuos 1-3 corresponden a individuos inmaduros, mientras que los individuos 4-9 a individuos adultos.

Figure 7. Mesial view of metatarsals and an ulna, occlusal view of the mandible, lingual view of a deciduous canine and buccal view of a second upper deciduous molar used to estimate the NMI. The 1-3 individuals belong to immature individuals, while the 4-9 individuals belong to adult individuals.

4.4. Edad de muerte

Los resultados obtenidos en la dentición se encuentran en la Tabla IV. Dentro de los individuos inmaduros, se han identificado tres individuos con edades de muerte diferentes.

El primero, con una estimación de edad de muerte de entre 3 y 4 años, estaría representado por una ulna y un segundo molar decidual superior. La estimación de la edad se ha obtenido a partir de la longitud máxima de la ulna (SCHEUER y BLACK, 2000). Por otro lado, el molar decidual podría estar asociado al mismo individuo, posiblemente debido a que el desgaste de la corona es menor que el observado en el resto de dientes deciduales.

El segundo individuo, con una edad de muerte estimada de entre 6 y 8 años, estaría representado por una mandíbula, un canino decidual y un primer molar decidual inferior. La mandíbula tiene el primer molar definitivo erupcionado y en oclusión, y el segundo molar todavía en la cripta y un canino decidual y un primer molar decidual inferior posiblemente asociados. Se ha observado que el canino y el molar deciduales podrían estar asociados a este individuo, ya que en comparación con el molar decidual superior previamente mencionado, presentan un mayor desgaste, que sería compatible con una edad de muerte mayor.

Por último, el tercer individuo, al cual se le ha estimado una edad de muerte de entre 13 y 16 años, estaría representado por un primer metatarso y un tercer metatarso. En el primer metatarso no ha podido detallarse cuál sería la edad de muerte, pero se ha determinado que se trata de un individuo inmaduro, cuya epífisis proximal está sin fusionar. Esto indica que si perteneció a una mujer, el individuo no tenía más de trece años cuando murió; mientras que si perteneció a un hombre, el límite de la edad de muerte estaría en dieciséis años (SCHEUER y BLACK, 2000). Se ha encontrado otro primer metatarso de características similares, pero del lado opuesto, por lo que ambos elementos pueden ser antímeros pertenecientes al mismo individuo. En el caso del tercer metatarso, éste tiene un tamaño similar a los adultos de la colección pero falta por fusionarse la epífisis distal, por lo que sería compatible con el primer metatarso estudiado.

Por otra parte, en los individuos adultos se han estudiado el desgaste dental de los maxilares y las mandíbulas. Se han podido estudiar solamente los maxilares y las mandíbulas que presentaban un mínimo de dos dientes, para que la estimación fuese más fiable (Figura 8). En este caso, se ha podido estimar que dos mandíbulas pertenecieron a individuos con una edad de muerte de más de 35 años, mientras que otra de las mandíbulas entre los 21 y 35 años. Se ha estimado que dos de los maxilares tendrían una edad de muerte estimada entre 18 y 24 años y 20 y 30 años respectivamente; mientras que el desgaste de un tercer maxilar indica que el individuo al que perteneció murió con más de 45 años. Por tanto, a partir de las mandíbulas y los maxilares, se puede estimar que entre los adultos, al menos dos eran adultos jóvenes y otros dos eran adultos de mayor edad.

Sigla	Parte anatómica	Estado de desarrollo	Lado	Estadío funcional de desgaste	Rango de edad (LOVEJOY, 1985)	Rango de edad (BUIKSTRA y UBELAKER, 1994)
ATXI (1957)	mandíbula	adulto	izquierdo	-	-	>35 años
ATXI.17B.1.5	mandíbula	adulto	derecho	-	-	>35 años
ATXI.21B.II.20	mandíbula	adulto	izquierdo	*2	*2	*2
ATXI.27B.40	mandíbula	juvenil	izquierdo	-	-	21-35 años
ATXI.29B.50/ATXI.31C.30	maxilares	adulto	izquierdo/derecho	mayor de fase H	> 40-50 años	> 35 años
ATXI.29B.100 /ATXI.29B.100/ATXI.29B.110	maxilares	juvenil-adulto	derecho/izquierdo/ derecho	fase D-E	20-24 años/ 24-30 años	21-35 años
ATXI.29B.110	mandíbula	inmaduro*1	izquierdo	-	-	6-8 años
ATXI.31C.50.A	maxilar	adulto	derecho	-	-	-
ATXI.31C.50.B	maxilar	juvenil-adulto	indeterminado	fase C-D	18-22 años/ 20-24 años	>21 años

Tabla 4. Edad de muerte estimada en los maxilares y las mandíbulas de Atxuri I, en base al desgaste dental (LOVEJOY, 1985; BUIKSTRA y UBELAKER, 1994).
Table 4. Estimated age-at-death from the maxillae and mandibles from Atxuri I cave, based on dental wear (LOVEJOY, 1985; BUIKSTRA and UBELAKER, 1994).

*1 presencia de M1 y comienzo de calcificación de M2 (no se pueden ver las raíces) / presence of M1 and beginning of the calcification of M2 (roots can not be seen).

*2 No se puede estimar la fase de erosión ni el rango de edad, debido a la presencia de una patología / neither the erosion phase nor the age rank can not be estimated, due to the presence of a pathological lesion.

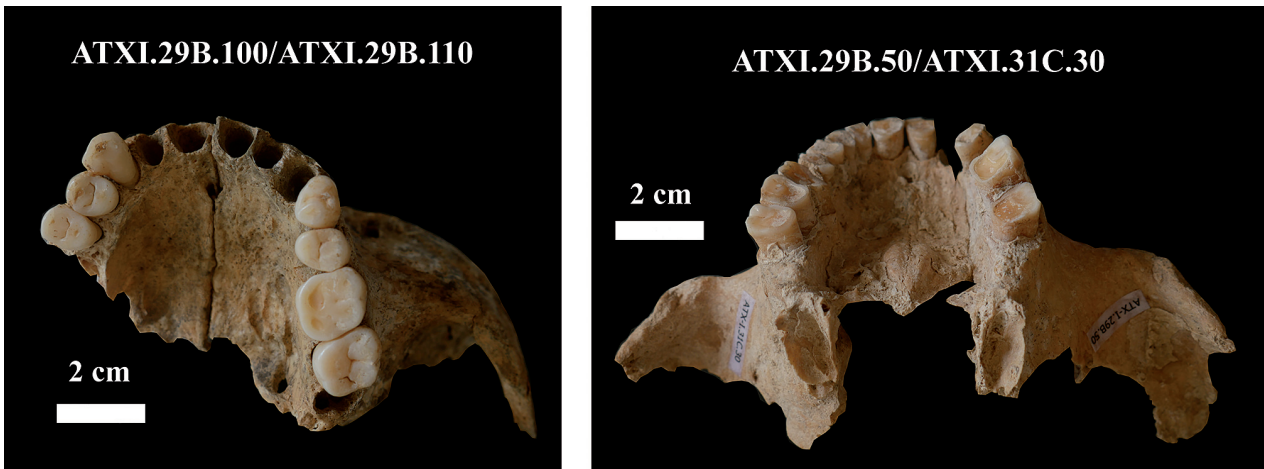


Figura 8. Vista oclusal de dos maxilares en los que se ha estimado la edad de muerte.
Figure 8. Occlusal view of the two maxillae, in which the age-at-death has been estimated.

4.5. Sexo

Los resultados de la estimación del sexo se muestran en la Tabla V. De los cuatro húmeros estudiados, solamente se ha podido determinar el sexo en dos de ellos, entre los cuales uno de ellos pertenecía a una mujer y otro de ellos a un hombre (Figura 9). Por otro lado, también se intuye la presencia de al menos otro individuo femenino, en base a una comparación realizada entre dos cabezas de fémur de este yacimiento.



Figura 9. Vistas de un húmero, un fémur, un calcáneo y un astrágalo utilizados para la estimación del sexo, estatura y/o masa corporal.
Figure 9. Views of a humerus, a femur, a calcaneus and a talus used to estimate the sex, stature and/or the mass body.

Región anatómica	Sigla	Lado	Sexo	Anchura biepicondilar (mm) (a)	Anchura articular (mm) (b)	Fórmula de la anchura biepicondilar (a)	(a)	Fórmula de la anchura articular (b)	(b)
HÚMERO	ATXI.15B.I.10	izquierdo	Mujer	57	38	$5,074-(0,5983*((a)/10))$	1,66369	$6,051-(1,039*((b)/10))$	2,1028
	ATXI.23B.10-30	derecho	Hombre?	62,5	42,5	$5,074-(0,5983*((a)/10))$	1,334625	$6,051-(1,039*((b)/10))$	1,63525
	ATXI.27B.80	derecho	Mujer?	60	40,5	$5,074-(0,5983*((a)/10))$	1,4842	$6,051-(1,039*((b)/10))$	1,84305
	ATXI.29B.110	derecho	Hombre	68,5	49,5	$5,074-(0,5983*((a)/10))$	0,975645	$6,051-(1,039*((b)/10))$	0,90795

Tabla 5. Estimación del sexo en los húmeros de la cueva de Atxuri I, las medidas calculadas y las funciones discriminantes (BASS, 1987).

Table 5. Sex estimation in humeri of Atxuri I cave, the measurements calculated and differentiate functions (BASS, 1987).

4.6. Estatura

Los resultados de las estaturas calculadas se muestran en la Tabla VI. Los huesos que se han utilizado para este apartado son el fémur, el astrágalo, el calcáneo y los metatarsos (Figura 9). La estatura se ha estimado para un número mínimo de seis individuos, previamente determinados por los primeros metatarsos.

Región anatómica	Sigla	Lado (mm)	Longitud máxima (mm)	Fórmula	Estimación estatura (mm)	Error típico de estimación (mm)	Media de la estimación de la estatura (mm)	Bibliografía
1º METATARSO	ATXI.19C.V.50*/ ATXI.21B.II.20.4*	derecho	61,35	St = 987.495 + 10.494(Mt1) (F)	1631,3	± 28,32	1661,72	(PABLOS <i>et al.</i> , 2013)
				St = 1106.539 + 9.723(Mt1) (M)	1703,05	± 38,73		
				St = 755.730 + 14.590(Mt1) (Combinado)	1650,83	± 48,50		
1º METATARSO	ATXI.21C.I.10	derecho	66,1	St = 987.495 + 10.494(Mt1) (F)	1681,15	± 28,32	1716,84	(PABLOS <i>et al.</i> , 2013)
				St = 1106.539 + 9.723(Mt1) (M)	1749,23	± 38,73		
				St = 755.730 + 14.590(Mt1) (Combinado)	1720,13	± 48,50		
				St = 1106.539 + 9.723(Mt1) (M)	1762,36	± 38,73		
				St = 755.730 + 14.590(Mt1) (Pooled)	1739,83	± 48,50		
				St = 1106.539 + 9.723(Mt1) (M)	1684,57	± 38,73		
				St = 755.730 + 14.590(Mt1) (Combinado)	1623,11	± 48,50		
1º METATARSO	ATXI.29B.100	derecho	59	St = 987.495 + 10.494(Mt1) (F)	1606,64	± 28,32	1634,46	(PABLOS <i>et al.</i> , 2013)
				St = 1106.539 + 9.723(Mt1) (M)	1680,2	± 38,73		
				St = 755.730 + 14.590(Mt1) (Combinado)	1616,54	± 48,50		
1º METATARSO	ATXI.29B.110	derecho	58,25	St = 987.495 + 10.494(Mt1) (F)	1598,77	± 28,32	1625,76	(PABLOS <i>et al.</i> , 2013)
				St = 1106.539 + 9.723(Mt1) (M)	1672,9	± 38,73		
				St = 755.730 + 14.590(Mt1) (Combinado)	1605,6	± 48,50		
2º METATARSO	ATXI.25B.35	derecho	63,95	St=1107.98+6.99(Mt2) (F)	1554,99	± 39,01	1569,58	(PABLOS <i>et al.</i> , 2013)
				St=1083.442+8.518(Mt2) (M)	1628,17	± 42,69		
				St=703.452+12.856(Mt2) (Combinado)	1525,59	± 54,85		
ASTRÁGALO	ATXI.29B.110	derecho	46,6	St=1101.788+9.866(Tal) (F)	1561,54	± 47	1598,44	(PABLOS <i>et al.</i> , 2013)
				St=1440.089+5.055(Tal) (M)	1675,65	± 50,50		
				St=988.570+12.222(Tal) (Combinado)	1558,12	± 53,15		
ASTRÁGALO	ATXI.29C.70	izquierdo	59,9	St=1101.788+9.866(Tal) (F)	1692,76	± 47	1718,77	(PABLOS <i>et al.</i> , 2013)
				St=1440.089+5.055(Tal) (M)	1742,88	± 50,50		
				St=988.570+12.222(Tal) (Combinado)	1720,67	± 53,15		
CALCÁNEO	ATXI.29B.100	izquierdo	72,75	St=909.588+9.518(Calc) (F)	1602,02	± 44,22	1635,49	(PABLOS <i>et al.</i> , 2013)
				St=1169.771+7.102(Calc) (M)	1686,44	± 41,55		
				St=790.4062+11.3761(Calc) (Combinado)	1618,02	± 50,47		
CALCÁNEO	ATXI.29B.110	izquierdo	86,7	St=909.588+9.518(Calc) (F)	1734,8	± 44,22	1765,68	(PABLOS <i>et al.</i> , 2013)
				St=1169.771+7.102(Calc) (M)	1785,51	± 41,55		
				St=790.4062+11.3761(Calc) (Combinado)	1776,71	± 50,47		
FÉMUR	ATXI.27B.70	izquierdo	41,15	S = (2.59*(Femm)) + 49,742 - 2,5 (F)	1538,2	-	1553,5	(GENOVES, 1967) en (AUERBACH y RUFF, 2004)
				S = (2.26*(Femm)) + 66,379 - 2,5 (M)	1568,8	-		
				S = (2.336*(Femm)) + 44,253 (F)	1403,8	-	1418,6	(SCIULLI y GIESEN, 1993) en (AUERBACH y RUFF, 2004)
				S = (2.443*(Femm)) + 42,805 (M)	1433,3	-		
				S = (2.47*(Femm)) + 54,10 (F) ("Blancos")	1557,4	-		
S = (2.38*(Femm)) + 61,41 (M) ("Blancos")	1593,5	-	1575,4	(TROTTER y GLEESER, 1952) en (AUERBACH y RUFF, 2004)				

Tabla 6. Estimación de la estatura y las fórmulas empleadas en la cueva de Atxuri I (AUERBACH y RUFF, 2004; PABLOS *et al.*, 2013).

Table 6. Stature estimation and the formulae used in Atxuri I cave (AUERBACH y RUFF, 2004; PABLOS *et al.*, 2013).

F = femenino / F = female
M = masculino / M = male

Destacan los resultados obtenidos a partir del único fémur estudiado, ya que en función de la fórmula utilizada, dicho dato puede variar de manera considerable. Aun así, puede observarse que ese elemento perteneció a un individuo de baja estatura.

Los resultados obtenidos indican la presencia de individuos de diferentes alturas. Se aprecia que la estimación media de la estatura oscila entre 141 y 176 cm. A pesar de que en los huesos estudiados no se haya estimado el sexo de los individuos, el rango amplio de estaturas sugiere que ambos sexos estén representados. Esta afirmación sería consistente con el apartado anterior, donde se han determinado, al menos, un individuo de cada sexo.

4.7. Masa corporal

Los resultados de la estimación de la masa corporal se muestran en la Tabla VII. Se han estudiado únicamente dos fémures, ya que eran los únicos adultos que presentaban la cabeza femoral completa (Figura 9). La estimación de la masa corporal para ambos individuos oscila entre 40-45 kg, un valor bajo en relación a las estaturas estimadas, por lo que es probable que los fémures perteneciesen a individuos femeninos.

Región anatómica	Sigla	Lado	Sexo	Diámetro máximo de la cabeza del fémur (mm)	Fórmula	Estimación de la masa (kg)	Media de la estimación de la estatura (kg)	Bibliografía
FÉMUR	ATXI.27B.70	izquierdo	mujer	36,1	$BM = ((2,426*(FH)) - (35,1))*0,90$ (F)	47,23	44,91	(RUFF <i>et al.</i> , 1991) en AUERBACH y RUFF, 2004)
					$BM = ((2,741*(FH)) - (54,9))*0,90$ (M)	39,65		
					$BM = ((2,160*(FH)) - (24,8))*0,90$ (Combinado)	47,86		
					$BM = (2,239*(FH)) - 39,9$	40,93	-	(MCHENRY, 1992) en AUERBACH y RUFF, 2004)
					$BM = (2,268*(FH)) - 36,5$	45,37	-	(GRINE <i>et al.</i> , 1995) en AUERBACH y RUFF, 2004)
FÉMUR	ATXI.29B.110	izquierdo	mujer	34,25	$BM = ((2,426*(FH)) - (35,1))*0,90$ (F)	43,19	40,84	(RUFF <i>et al.</i> , 1991) en AUERBACH y RUFF, 2004)
					$BM = ((2,741*(FH)) - (54,9))*0,90$ (M)	35,08		
					$BM = ((2,160*(FH)) - (24,8))*0,90$ (Combinado)	44,26		
					$BM = (2,239*(FH)) - 39,9$	36,79	-	(MCHENRY, 1992) en AUERBACH y RUFF, 2004)
					$BM = (2,268*(FH)) - 36,5$	41,18	-	(GRINE <i>et al.</i> , 1995) en AUERBACH y RUFF, 2004)

Tabla 7. Estimación de la masa corporal y las fórmulas utilizadas en la cueva de Atxuri I (AUERBACH y RUFF, 2004).

Table 7. Body mass estimation and the formulae used in Atxuri I cave (AUERBACH and RUFF, 2004).

F = femenino / F = female
M = masculino / M = male

4.8. Identificación de patologías

En la observación preliminar de las anomalías y lesiones patológicas, la mayor proporción de patologías detectadas se han encontrado en el esplanocráneo. Destacan la presencia tanto de caries como de sarro, que se localizan en un gran número de dientes de distintos individuos. A su vez, una de las mandíbulas presenta periostitis, pero alrededor de los alveolos se observan una serie de costras, que dificultan su estudio. Uno de los maxilares, por otra parte, tiene un primer premolar superior rotado, aunque no parece que esa característica dificultase al individuo la masticación de alimentos (Figura 10).

En cuanto a los huesos postcraneales, se ha identificado una primera falange de la extremidad inferior con una deformidad, que provoca que su longitud máxima fuese menor de lo esperado. En al menos una vértebra cervical se ha detectado la presencia de osteofitos en el cuerpo vertebral, que puede indicar la posible presencia de artrosis (CAMPILLO, 2001).

5.- DISCUSIÓN

A continuación se van a discutir los siguientes resultados: representatividad anatómica, número mínimo de individuos, edad de muerte y sexo. Como se ha comentado previamente, hay un sesgo de origen des-

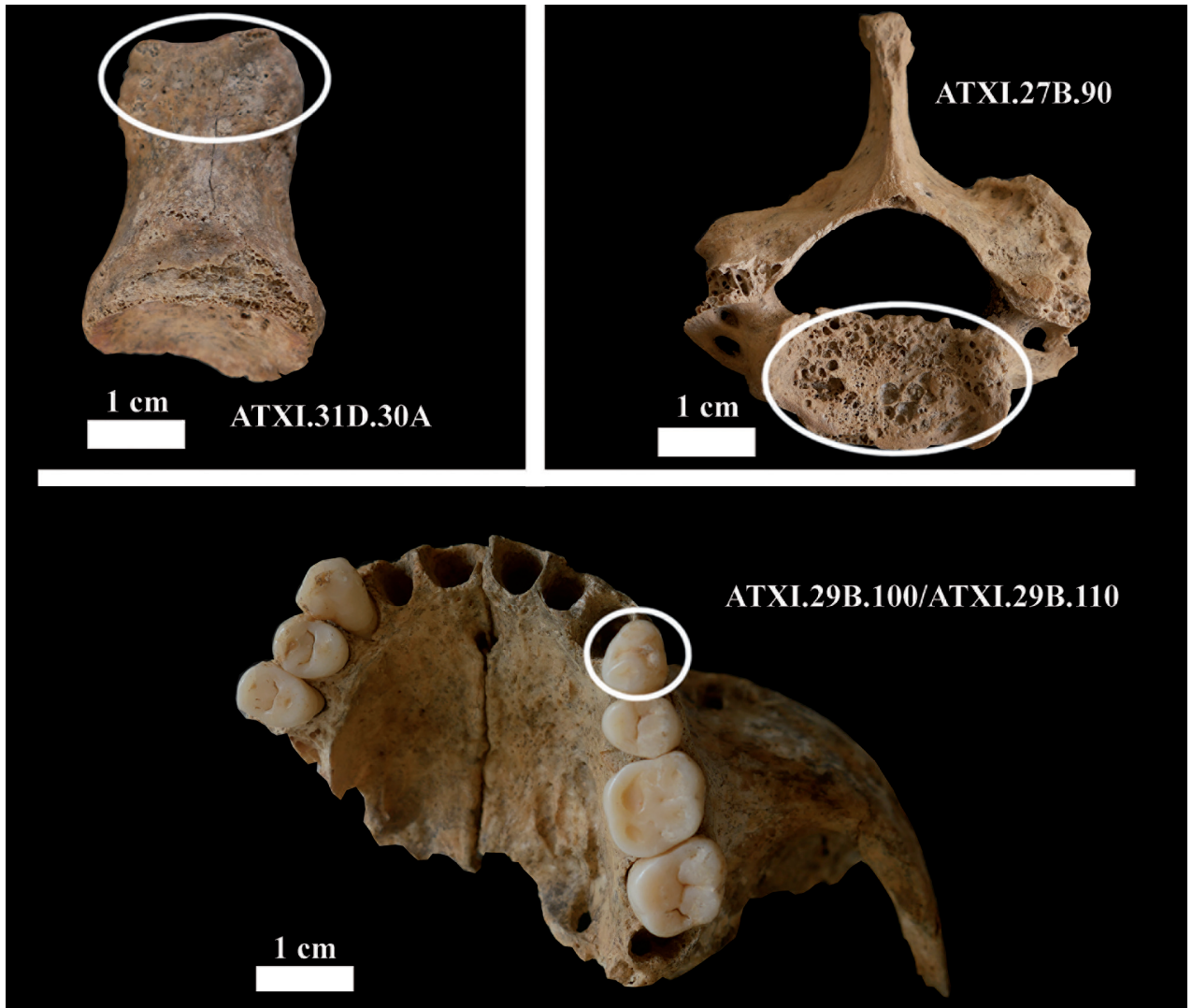


Figura 10. Vista dorsal de una falange de la extremidad inferior con una deformidad (arriba izquierda) y vista craneal de una vértebra cervical con signos de artrosis (arriba derecha). Vista oclusal de un maxilar con el primer premolar superior izquierdo (P3) girado (abajo).

Figure 10. Dorsal view of a foot phalanx with a malformation (top left) and a cranial view of a cervical vertebra with osteoarthrosis (top right). Occlusal view of a maxilla with the first upper left premolar (P3) rotated (bottom).

conocido en la representatividad anatómica. Según algunos autores (ARMENDÁRIZ, 1999), sesgos similares en otros yacimientos podrían ser debidos a una intencionalidad de enterrar de manera específica y separada una parte anatómica, como es el caso del cráneo. En Atxuri I, cuatro partes anatómicas relacionadas con el esqueleto craneal (neurocráneo, maxilares, mandíbulas y dentición) representan el 40% de los restos totales recuperados, lo que indica una mejor conservación de los elementos esqueléticos relacionados con el cráneo. Por otra parte, no se puede descartar que el sesgo estuviese provocado por la metodología de excavación y la recogida selectiva de materiales.

El número mínimo de individuos estimado en Atxuri I (n=9) es menor que el obtenido en cuevas como Pico Ramos (n=104), Lacilla II (n=57) o Kobeaga I (n=40) (Tabla VIII), pero mayor que en cuevas como Arlanpe (n=2), Askondo (n=2) o Lumentxa (n=4). A pesar de que el número de individuos sea bajo, destaca que una gran proporción (27 de 32) de los yacimientos analizados en Bizkaia presente un número aún menor. Varios de ellos no presentan un estudio antropológico básico o este no es suficiente como para determinar el número de individuos.

En cuanto a la edad de muerte, se han detectado seis individuos adultos y tres inmaduros. A uno de los tres inmaduros se le ha estimado una edad de muerte de entre 3 y 4 años, mientras que en el resto de indivi-

Yacimiento	Referencia del laboratorio	Datación (B.P.)	NMI	Edad de muerte	Sexo	Esqueleto parcial/completo	Bibliografía
Aldecueva	-	-	2	1 inmaduro	-	Parcial	(APELLÁNIZ <i>et al.</i> , 1967)
Arenaza I	OxA-7157	6.040±75	3	Al menos 1 adulto y 1 inmaduro	-	Parcial	(APELLANIZ, 1986, 1987; FERNÁNDEZ, 1990-1991, 1992, 1992-1993; ARIAS y ALTUNA, 1999; FANO, 2004)
	OxA-7156	5.755±65					
Arlanpe	Beta-339110	3.580 ± 30	2	Al menos 2 adultos	-	Parcial	(GÓMEZ-OLIVENCIA, 2013)
	Beta-299200	3.510 ± 30					
	Beta-272221	3.180 ± 40					
Artatxo 01	-	-	2	1 adulto juvenil/ 16 años	-	Parcial	(GARATE y GÓMEZ-OLIVENCIA, 2010)
Askondo	Beta-303669	3.290±40	2	10 años	-	Parcial	(GÓMEZ-OLIVENCIA, 2012; RÍOS-GARAZAR y GARATE, 2012)
Atxarte	-	-	1	1 inmaduro	-	Parcial	(ETXEBERRIA, 1990)
Atxeta	-	-	1	-	-	Parcial*	(SAN MARTÍN, 1961; DE LA RÚA, 1990)
Atxondo	-	-	1	1 adulto	-	Parcial	(LÓPEZ y AGUIRRE, 2000)
Balzola	-	-	12	4 adultos/ 1 subadulto/ 2 juveniles/ 3 infantiles (6-8 años)/ 1 recién nacido/ 1 non-nato	-	Parcial	(BERGANZA <i>et al.</i> , 1979; ZAPATA <i>et al.</i> , 2006; REGALADO <i>et al.</i> , 2013)
Covachón III	Ua-50093	4.065 ± 32	1	adulto	-	Parcial	(GÓMEZ-OLIVENCIA <i>et al.</i> , 2015)
Eguzkiola	-	-	6	Al menos 3 adultos y 3 subadultos	-	Parcial	(NOLTE, 1972; LÓPEZ y GUENAGA, 2009; LÓPEZ <i>et al.</i> , 2014)
Gerrandijo	-	3.090 ± 100	2	-	-	Parcial	(APELLÁNIZ <i>et al.</i> , 1967)
Getaleuta	-	-	2	-	-	Parcial*	(APELLÁNIZ <i>et al.</i> , 1967)
Jentilkoba	-	-	1	14 años	Femenino	Completo	(NOLTE, 1972)
Jentillarri	-	-	27	-	-	-	(ONTAÑÓN y ARMENDÁRIZ, 2005)
Kobaederra	-	-	1	-	Masculino	Casi completo	(IBÁÑEZ <i>et al.</i> , 1997, 1998)
Kobazar	-	-	1	adulto	Masculino	-	(ETXEBERRIA, 1990)
Kobazulo	-	-	1	-	-	Parcial	(NOLTE, 1972; ARRIBAS y BERGANZA, 1997)
Kobeaga I	-	-	40	1 adulto (60 años)	Femenino	Completo	(BASABE, 1966; DE LA RÚA, 1990; ETXEBERRIA, 1990; ONTAÑÓN y ARMENDÁRIZ, 2005)
Lacilla I	-	-	6	5 años/ menos de 15 años/ 17 años	1 masculino (17 años)	Parcial	(MARCOS y MUÑOZ, 1984)
Lacilla II	-	4335 ± 60	57	-	-	Parcial	(GIL, 1988; E.A.E.K.M., 1995; ONTAÑÓN y ARMENDÁRIZ, 2005)
La Jorja	-	-	1	-	-	Parcial	(RUIZ y GONZALEZ, 2001b)
Las Pajucas	I-3513	3.710 ± 130	2	Al menos 1 subadulto	-	Parcial	(APELLÁNIZ <i>et al.</i> , 1967; ETXEBERRIA, 1990)
Lumentxa	OxA-18236	6.122 ± 38	4	Al menos 1 adulto y 1 infantil	-	Parcial	(ARRIBAS, comunicación personal 1988, 1989a, 1989b, 1990, 1993; DE LA RÚA, 1990; CUBAS <i>et al.</i> , 2015)
Pico Ramos	-	4.790±110	104	Todos los intervalos de edad	Al menos 8 femeninos y 8 masculinos	Parcial	(ZAPATA, 1991, 1995; BARAYBAR y DE LA RÚA., 1995)
	-	4.210±110					
	-	4.100±110					
Punta Lucero II	Ua-50094	4.687 ± 34	1	1 inmaduro	-	Parcial	(GÓMEZ-OLIVENCIA <i>et al.</i> , 2014b, 2015)
Santa Catalina	-	-	3	1 adulto y 2 infantiles (10 años)	-	Parcial	(ALBISU <i>et al.</i> , 2014)
Santimamiñe	Beta-240896	3.710 ± 40	6	1 adulto maduro, 3 adultos jóvenes y 2 infantiles	Al menos 1 femenino y 3 masculinos	Parcial	(DE LA RÚA, 1990; LÓPEZ y GUENAGA, 2007; LÓPEZ <i>et al.</i> , 2008; HERRASTI y ETXEBERRIA, 2011)
Sagastigorri	-	-	1	-	-	Parcial	(LÓPEZ y GUENAGA, 2006)
Sima de "el Hoyo"	-	-	6	-	-	Parcial	(RUIZ y GONZALEZ, 2001a)
Txotxinkoba	-	-	2	-	-	-	(APELLÁNIZ <i>et al.</i> , 1967)
Urratxa III	Ua-11431	3.475±80	3	1 adulto	Al menos 2 femeninos y 1 masculino	Parcial	(MUÑOZ, 1983; ETXEBERRIA, 1990; MUÑOZ y BERGANZA, 1997; IZAGIRRE <i>et al.</i> , 2001)
	Ua-11430	3.405±70					
	Ua-11432	3.365±80					

Tabla 8. Yacimientos de Bizkaia en los que se han recuperado restos óseos humanos de *Homo sapiens*.

Table 8. Biscay's sites in which *Homo sapiens* human bones have been recovered.

duos la estimación estaría entre 6 y 8 años y 13-16 años respectivamente, correspondiendo este último individuo a un adolescente. En estructuras megalíticas, tales como dólmenes, se ha detectado un sesgo de edad de muerte: los individuos menores de cinco años no están representados (FERNÁNDEZ-CRESPO y DE LA RÚA, 2016). En el caso de Atxuri I, no parece haber ese sesgo debido a la presencia de un individuo de esa edad. En cuanto a los adultos, al menos hay presentes dos adultos jóvenes y un adulto de entre cuarenta y cincuenta años (Tabla IV), pero el bajo número de individuos no permite abordar la posible existencia de sesgos.

Otro de los aspectos clave del uso funerario es observar si los dos sexos están representados (Tabla V) y en qué proporción. Según ARMENDÁRIZ (1990) y ONTAÑÓN y ARMENDÁRIZ (2005), habría igual proporción de hombre y mujeres en las inhumaciones, salvo algunas excepciones. En el caso de estructuras megalíticas como los dólmenes o los túmulos, con una cronología de 4.000 años cal B.C., muestran una mayor proporción (el doble o el triple) de inhumaciones de individuos masculinos en comparación con los individuos femeninos. Este hecho podría ser explicado por la incapacidad de las mujeres de alcanzar posiciones económicas y/o sociales destacadas en la sociedad, lo que explicaría su mayor proporción en depósitos funerarios como las cuevas (ARMENDÁRIZ, 1999; FERNÁNDEZ-CRESPO y DE LA RÚA, 2016). En Atxuri I, entre los individuos adultos al menos hay representados dos individuos femeninos y uno masculino, habiendo otros tres individuos adultos en los que no se ha podido determinar el sexo. A pesar de que ambos sexos están representados, el bajo número de individuos no permite abordar la proporción entre ellos.

6.- RESUMEN Y CONCLUSIONES

- En este trabajo se ha presentado el primer estudio antropológico de los restos humanos de Atxuri I.
- Dentro de la colección se han contabilizado un mínimo de 357 elementos anatómicos. A partir de estos, se han determinado seis individuos adultos y tres individuos inmaduros. Entre los individuos inmaduros, se ha estimado que uno de ellos habría tenido entre 3 y 4 años, otro 6 y 8 años, y el tercero, dependiendo del sexo, no habría tenido más de 13 o 16 años. Entre los seis individuos adultos, se ha determinado la presencia de un mínimo de dos individuos jóvenes, con una edad de muerte entre 18 y 30 años, y dos individuos de más edad, con una edad de muerte de más de 35 y 45 años.
- En los individuos adultos, con un rango de estatura entre 141 y 176 cm, se ha detectado la presencia de al menos dos individuos femeninos y un individuo masculino. Los dos individuos femeninos tendrían una masa estimada de entre 40 y 45 kg.
- El bajo número de individuos determinado no ha permitido abordar en profundidad ciertos aspectos antropológicos como la representatividad anatómica, la edad de muerte y el sexo.
- Existen varios yacimientos sin estudio antropológico en Bizkaia y lo novedoso de los resultados obtenidos pone en relieve la necesidad de realizar más estudios antropológicos semejantes.

8.- AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecer a mis directores, Asier Gómez Olivencia y Concepción de la Rúa Vaca, por brindarme la oportunidad de realizar este trabajo y por su ayuda durante la realización del mismo. Agradezco también al Arkeologi Museoa de Bilbao y a todo su personal por permitirme el acceso a los restos humanos de la cueva, al igual que a Mikel Arlegi, por la ayuda facilitada durante el proceso de lavado del material. Además, quiero agradecer la ayuda proporcionada por el Dr. Luis Valdés, que ha servido para entender el trabajo previo realizado con los huesos humanos.

9.- BIBLIOGRAFÍA

ALBISU, C., ETXEBERRIA, F., y HERRASTI, L.

2014 Estudio de los restos dentales humanos procedentes de la cueva de Santa Catalina. *Kobie Serie Bizkaiko Arkeologi Indusketak-Excavaciones Arqueológicas en Bizkaia* nº4: 361-366.

APELLÁNIZ, J. M., NOLTE, E., y ALTUNA, J.

1967 Cuevas sepulcrales de Vizcaya. Excavación, estudio y datación por el C¹⁴. *Munibe* Año XIX nº 3-4: 159-226.

APELLANIZ, J. M.

1973 Corpus de materiales de las culturas prehistóricas con cerámica de la población de cavernas del País Vasco Meridional. *Munibe* Suplemento 1: 73-80.

1986 Cueva de Arenaza I (San Pedro de Galdames, Vizcaya). XV campaña de excavaciones". *Arkeoikuska*: 59-61.

1987 Avance a la memoria de la XV campaña de excavaciones arqueológicas en la cueva de Arenaza 1 (S. Pedro de Galdames, Vizcaya) (1986). *Kobie (Serie Paleoantropología)*: 163-164.

ARIAS, P.

- 1989 Las industrias de los estratos postpaleolíticos de la cueva de Atxuri (Mañaria, Vizcaya). *Veleia (Revista de prehistoria, historia antigua, arqueología y filología clásicas)* n° 6: 49-84.

ARIAS, P., y ALTUNA, J.

- 1999 Nuevas dataciones absolutas para el Neolítico de la Cueva de Arenaza (Bizkaia). *Munibe* 51: 161-171.

ARMENDÁRIZ, A.

- 1990 Las cuevas sepulcrales en el País Vasco. *Munibe (Antropología-Arkeologia)*: 153-160.
 1999 La muerte antes de la historia: ritos y prácticas funerarias en épocas prehistóricas. En: *El Campo de las Ciencias y las Artes. La humanidad primitiva* n° 136. Banco Bilbao Vizcaya.

ARRIBAS, J. L.

- 1988 Cueva de Lumentxa (Lekeitio, Bizkaia). V campaña de excavaciones. *Arkeoikuska*: 69-72.
 1989a V y VI campaña de excavaciones en la cueva de Lumentxa (Lekeitio, Bizkaia). 1988-89. *Kobie (Serie Paleoantropología)*: 223-230.
 1989b Cueva de Lumentxa (Lekeitio). VI campaña de excavaciones. *Arkeoikuska*: 63-66.
 1990 Cueva de Lumentxa (Lekeitio). VII campaña de excavaciones. *Arkeoikuska*: 49-50.
 1993 Cueva de Lumentxa (Lekeitio). VII campaña de excavaciones. *Arkeoikuska*: 105-107.

ARRIBAS, J. L., y BERGANZA, E.

- 1997 Sondeo estratigráfico en el yacimiento de la cueva de Kobazulo (Aulestia, Bizkaia). *Kobie (Serie Paleoantropología)*: 197-201.

ARSUAGA, J. L., CARRETERO, J.-M., LORENZO, C., GÓMEZ-OLIVENCIA, A., PABLOS, A., RODRÍGUEZ, L., GARCÍA-GONZÁLEZ, R., BONMATÍ, A., QUAM, R. M., PANTOJA-PÉREZ, A., MARTÍNEZ, I., ARANBURU, A., GRACIA-TÉLLEZ, A., POZA-REY, E., SALA, N., GARCÍA, N., ALCÁZAR DE VELASCO, A., CUENCA-BESCÓS, G., BERMÚDEZ DE CASTRO, J. M., y CARBONELL, E.

- 2015 Postcranial morphology of the middle Pleistocene humans from Sima de los Huesos, Spain. *PNAS* Vol. 112 n° 37: 11524-11529.

AUERBACH, B. M., y RUFF, C. B.

- 2004 Human body mass estimation: A comparison of "Morphometric" and "Mechanical" methods. *American Journal of Physical Anthropology* 125: 331-342.

BASS, W. M.

- 1987 *Human Osteology: A Laboratory and Field Manual*. Missouri Archaeological Society. Columbia, Missouri.

BARANDIARÁN, J. M.

- 1964 *Arqueología de Vizcaya. Excavaciones en Atxuri (1ª parte de la segunda campaña)*. Noticiario Arqueológico Hispánico. Madrid. Cuadernos 1-3: 375-384

BARAYBAR, J. P., y DE LA RÚA, C.

- 1995 Estudio antropológico de la población de Pico Ramos (Muskiz, Bizkaia). Consideraciones sobre la demografía, salud y subsistencia. *Munibe (Arkeologia-Antropología)* n° 47: 151-175.

BASABE, J. M.

- 1966 Nota acerca del cráneo eneolítico de la cueva de Kobeaga (Ispaster-Vizcaya). *Munibe* Año XVIII n°1-4: 63-64.

BERGANZA, E., MUÑOZ, M., y MARCOS, J. L.

- 1979 Excavación de los enterramientos del Locus I de la cueva de Balzola (Dima, Vizcaya). *Munibe* Año XXXI n° 3-4: 189-194.

BUIKSTRA, J. E., y UBELAKER, D. H.

- 1994 *Standards for data collection from human skeletal remains. Proceedings of a Seminar at the Field Museum of Natural History organized by Jonathan Haas*. Arkansas Archaeological Survey Research Series n° 44. Arkansas.

CAMPILLO, D.

- 2001 *Introducción a la paleopatología*. Bellaterra arqueología. Barcelona.

CASTAÑOS, P.

- 1986 *Atxuri*. Memoria de tesis doctoral, Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea. Leioa: 115-117.

CUBAS, M., ALTUNA, J., ÁLVAREZ-FERNÁNDEZ, E., ARMENDÁRIZ, A., FANO, M. A., LÓPEZ-DÓRIGA, I. L., MARIEZKURRENA, K., TAPIA, J., TEIRA, L. C., y ARIAS, P.

2016 Re-evaluating the Neolithic: The Impact and the Consolidation of Farming Practices in the Cantabrian Region (Northern Spain). *Journal of World Prehistory* Vol. 29 nº 1: 79-116.

DE LA RÚA, C.

1990 Los estudios de Paleoantropología en el País Vasco. *Munibe (Antropología-Arkeología)* nº 42: 199-219.

EUSKAL ARKEOLOGIA, ETNOGRAFIA ETA KONDAIRA MUSEOA.

1995 *Txostena 1994 Memoria*. Bilbao

ETXEBERRIA, F.

1990 Los estudios de Paleopatología en el País Vasco. *Munibe (Antropología-Arkeología)* nº 42: 221-227.

FANO, M. A.

2004 Un nuevo tiempo: el Mesolítico en la Región Cantábrica. *Kobie (Serie Anejos)* nº 8: 337-402.

FERNÁNDEZ-CRESPO, T., y DE-LA-RÚA, C.

2016 Demographic differences between funerary caves and megalithic graves of Northern Spanish Late Neolithic/ Early Chalcolithic. *American Journal of Physical Anthropology* 2: 284-297.

FERNÁNDEZ, E.

2005 *Polimorfismos de DNA mitocondrial en poblaciones antiguas de la Cuenca Mediterránea*. Memoria de tesis Doctoral, Universidad de Barcelona. Barcelona.

FERNÁNDEZ, F.

1971 Aportación al descubrimiento de nuevas pinturas parietales en el País Vasco. *Munibe* Año XXIII nº 2-3: 399-404.

FERNÁNDEZ, J. A.

1990/91 Informe de la XIX campaña de excavaciones en Arenaza I (Galdames), año 1991. *Kobie (Serie Paleoantropología)*: 201-208.

1992 Cueva de Arenaza I (Galdames). XX campaña de excavaciones. *Arkeoikuska*: 128-132.

1992/93 Informe de la XX campaña de excavaciones en Arenaza I (Galdames), año 1992. *Kobie (Serie Paleoantropología)*: 293-307.

GARATE, D., y GÓMEZ-OLIVENCIA, A.

2010 Cueva Artatxo 01. *Arkeoikuska*: 284-285.

GARATE, D.

2012 *Neandertales y Cromañones. Primeros habitantes de Bizkaia*. Bizkaiko Foru Aldundia- Diputación Foral de Bizkaia. Bilbao.

GENOVES, S.

1967 Proportionality of the long bones and their relation to stature among Mesoamericans. *American Journal of Physical Anthropology* 26: 67-78.

GIL, D.

1988 Cueva sepulcral de Lacilla II (Sopuerta, Bizkaia). Excavación de urgencia. *Arkeoikuska*: 132-135.

GÓMEZ-OLIVENCIA, A.

2012 Estudio de los restos humanos del yacimiento de Askondo (Mañaría, Bizkaia). *Kobie Serie Bizkaiko Arkeologi Indusketak-Excavaciones Arqueológicas en Bizkaia* nº2: 71-76.

2013 Estudio de los restos humanos del yacimiento de Arlanpe (Lemoa, Bizkaia). *Kobie Serie Bizkaiko Arkeologi Indusketak-Excavaciones Arqueológicas en Bizkaia* nº3: 161-176.

GÓMEZ-OLIVENCIA, A., ARCEREDILLO, D., ÁLVAREZ-LAO, D. J., GARATE, D., SAN PEDRO, Z., CASTAÑOS, P., y RÍOS-GARAIZAR, J.

2014a New evidence for the presence of reindeer (*Rangifer tarandus*) on the Iberian Peninsula in the Pleistocene: an archaeopalaeontological and chronological reassessment. *Boreas* Vol. 43: 286-308.

GÓMEZ-OLIVENCIA, A., CUBAS, M., SALA, N., PANTOJA, A., GARCÍA-IBAIBARRIAGA, N., RÍOS-GARAIZAR, J., REGALADO, E., LÍBANO, I., SOLAR, G., y ARLEGI, M.

2014b Cuevas en el entorno de Punta Lucero: Punta Lucero II y Covachón III. *Arkeoikuska*: 259-262.

2015 Restos humanos calcolíticos de dos nuevos yacimientos de Punta Lucero (Zierbena, Bizkaia). *Kobie (Serie Paleoantropología)* nº 34:1-14.

GRINE, F. E., JUNGERS, W. L., TOBIAS, P. V., y PEARSON, O. M.

1995 Fossil *Homo* femur from Berg Aukas, northern Namibia. *American Journal of Physical Anthropology* 26:67-78.

HERRASTI, L., y ETXEBERRIA, F.

2011. Estudio de los restos humanos de la cueva de Santimamiñe (Kortezubi, Bizkaia). Campañas de 2004 a 2006. *Kobie Serie Bizkaiko Arkeologi Indusketak-Excavaciones Arqueológicas en Bizkaia* nº 1: 375-382.

IBÁÑEZ, J. J., ZAPATA, L., y GONZÁLEZ, J. E.

1997 Cueva de Kobaederra (Oma, Kortezubi). III campaña. *Arkeoikuska*: 130-133.

1998 Cueva de Kobaederra en Oma (Kortezubi). IV campaña. *Arkeoikuska*: 110-113.

IZAGIRRE, N., DE BIZCARRA, N., ALZUALDE, A., y DE LA RÚA, C.

2001 Estimación del sexo a nivel molecular en restos esqueléticos humanos. *Munibe (Arkeologia-Antropologia)* nº 53: 143-150.

LÓPEZ QUINTANA, J. C., y AGUIRRE, M.

2000 Cueva de Atxondo (Kortezubi). I campaña. *Arkeoikuska*: 311-313.

LÓPEZ QUINTANA, J.C., ARRUIBARRENA, J. M^a, OLAZABAL, A., TELLERÍA, E., GUENAGA, A., y ALONSO, E.

2014 Cueva de Eguzkiola. I campaña. *Arkeoikuska*: 252-254.

LÓPEZ, J. C., y GUENAGA, A.

2006 Cueva de Sagastigorri (Kortezubi). *Arkeoikuska*: 436-437.

2007 Cueva de Santimamiñe. IV campaña. *Arkeoikuska*: 254-259.

2009 Evaluación arqueológica de la cueva de Eguzkiola (Zeanuri, Bizkaia) ante la reapertura de la cantera de Xorokil. *Kobie (Serie Paleoantropología)*: 223-232.

LÓPEZ, J. C., GUENAGA, A., y GONZÁLEZ, C.

2008 Cueva de Santimamiñe. V campaña. *Arkeoikuska*: 275-281.

LOVEJOY, C. O.

1985 Dental wear in the Libben Population: Its functional pattern and role in the determination of adult skeletal age at death. *American Journal of Physical Anthropology* 68: 47-56.

MARCOS, J. L., y MUÑOZ, M.

1984 Excavaciones en la cueva de Lacilla (Sopuerta-Vizcaya). *Munibe* nº 36: 55-58.

MCHENRY, H. M.

1992 Body size and proportions in early Hominids. *American Journal of Physical Anthropology* 87:407-431.

MUÑOZ, M.

1983 Cueva de Urratxa III (Orozko). I campaña. *Arkeoikuska*: 52-54.

MUÑOZ, M. y BERGANZA, E.

1997 *El yacimiento de la cueva de Urratxa III (Orozko, Bizkaia)*. Universidad de Deusto. Bilbao.

NOLTE, E.

1957 *Exploraciones en Atxubi'ko*. Pyrenaica I: 16-18.

1972 Nota sobre nuevos yacimientos prehistóricos en cuevas de Vizcaya y otros hallazgos arqueológicos del norte de Burgos. Grupo Espeleológico Vizcaíno, Boletín nº 4. *Kobie (Bilbao)*: 20-26.

ONTAÑÓN, R., y ARMENDÁRIZ, A.

2005 Cuevas y megalitos: los contextos sepulcrales colectivos en la Prehistoria reciente cantábrica. *Munibe (Antropología-Arkeología)*: 275-286.

PABLOS, A., GÓMEZ-OLIVENCIA, A., GARCÍA-PÉREZ, A., MARTÍNEZ, I., LORENZO, C., y ARSUAGA, J. L.

2013 From toe to head: Use of robust regression methods in stature estimation based on foot remains. *Forensic Science International* 226: 299e1-299e7.

PRIETO, L.

2002 *Estudio de polimorfismos de ADN en restos humanos antiguos y muestras forenses críticas: valoración de estrategias y resultados*. Memoria de tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid.

REGALADO, E., SAN PEDRO, Z., ZAPATA, L., GALLAGA, I., PÉREZ, A., ARGOTE, N., CASTAÑOS, J., CASTAÑOS, P., CUBAS, M., GARCÍA, M., IRIARTE, M. J., TARRIÑO, A., y SAN EMETERIO, A.

2013 Cueva de Baltzola. *Arkeoikuska*: 196-199.

RIOS-GARAIZAR, J., y GARATE, D.

2012 Dataciones de radiocarbono en el yacimiento de Askondo (Mañaría, Bizkaia). *Kobie Serie Bizkaiko Arkeologi Indusketak-Excavaciones Arqueológicas en Bizkaia* n° 2: 39-44.

RUFF, C. B., SCOTT, W. W., y LIU, A. Y-C.

1991 Articular and diaphyseal remodeling of the proximal femur with changes in body mass in adults. *American Journal of Physical Anthropology* 86:397-413.

RUIZ, R., y GONZÁLEZ, J. E.

2001a Cueva Sima de El Hoyo (Sopuerta). *Arkeoikuska*: 338-340.

2001b Cueva de la Jorja (Sopuerta). *Arkeoikuska*: 387-388.

SANCHIS, A., TORMO, C., SAUQUÉ, V., SANCHIS, V., DÍAZ, R., RIBERA, A., y VILLAVERDE, V.

2015 Pleistocene leopards in the Iberian Peninsula: New evidence from palaeontological and archaeological contexts in the Mediterranean region. *Quaternary Science Reviews* 124: 175-208.

SAN MARTIN, J.

1961 Bibliografía y reseñas: Excavaciones en Atxeta. *Munibe (fascículo 1)*: 95.

SCHEUER, L., y BLACK, S.

2000 *Developmental Juvenile Osteology*. Elsevier Academic Press. Gran Bretaña.

SCIULLI, P. W., y GIESEN, M. J.

1993 Brief communication: an update on stature estimation in prehistoric Native Americans of Ohio. *American Journal of Physical Anthropology* 92:395-399.

TROTTER, M., y GLEESER, G. C.

1952. Estimation of stature from long bones of American whites and Negroes. *American Journal of Physical Anthropology* 10: 463-514.

WHITE, T. D., y FOLKENS, P. A.

2005 *The Human Bone Manual*. Elsevier Academic Press. Estados Unidos de América.

ZAPATA, L.

1991 Cueva sepulcral de Pico Ramos (Muskiz). *Arkeoikuska*: 141-144.

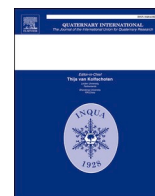
1995 La excavación del depósito sepulcral calcolítico de la cueva Pico Ramos (Muskiz, Bizkaia). La industria ósea y los elementos de adorno. *Munibe (Arkeología-Antropología)* n° 47: 35-90.

ZAPATA, L., GALLAGA, I., REGALADO, E., RUIZ ALONSO, M., SAN PEDRO, Z., y SAVANTI, F.

2006 Cueva de Balzola (Dima). I campaña. *Arkeoikuska*: 142-145.

Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

Quaternary International

journal homepage: www.elsevier.com/locate/quaint

The human remains from the Lumentxa cave (Lekeitio, Biscay, Northern Iberian Peninsula): Paleobiology, Taphonomy and Chronology

Andrea García-Sagastibelza^{a,b,**}, José Luis Arribas^c, Diego López-Onaindia^{b,a,d,e},
Emma Pomeroy^f, Antonio Rodríguez-Hidalgo^{g,h,i}, Dominique Castex^b,
Christine Couture-Veschambre^b, Asier Gómez-Olivencia^{a,j,k,*}

^a Dpto. Estratigrafía y Paleontología, Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU), Barrio Sarriena s/n, 48940, Leioa, Spain

^b Univ. Bordeaux, CNRS, MCC, PACEA, UMR 5199, F-33600 Pessac, France

^c AOZTA, Spain

^d Unitat d'Antropologia Biològica, Departament de Biologia Animal, Biologia Vegetal i Ecologia, Facultat de Biociències, Universitat Autònoma de Barcelona, 08193, Bellaterra, Barcelona, Spain

^e GREAB – Research Group in Biological Anthropology, Spain

^f Department of Archaeology, University of Cambridge, Downing Street, Cambridge, CB2 3DZ, UK

^g Departamento de Prehistoria, Historia Antigua y Arqueología, Universidad Complutense, Prof. Aranguren s/n, 28040, Madrid, Spain

^h IDEA (Instituto de Evolución en África), Calle Covarrubias 36, 28010, Madrid, Spain

ⁱ IPHES (Institut Català de Paleoeccologia Humana i Evolució Social), Zona Educativa 4 (Edifici W3), Campus Sescelades URV, 43007, Tarragona, Spain

^j Centro UCM-ISCIII de Investigación sobre Evolución y Comportamiento Humanos, Avda. Monforte de Lemos 5 (Pabellón 14), 28029, Madrid, Spain

^k Sociedad de Ciencias Aranzadi, Zorroagaina 11, 20014, Donostia-San Sebastián, Spain

ARTICLE INFO

Keywords:

Recent prehistory
Biomechanics
Long bones
Radiocarbon dates
Funerary practices

ABSTRACT

Lumentxa is a classic site in Basque Prehistory, excavated in three different phases during the 20th century, which has yielded evidence of both Pleistocene and Holocene occupations. In this article, we present a detailed study of the human remains from this site including paleobiological, taphonomic, biomechanical and chronological perspectives. The human assemblage comprises of a minimum number of seven individuals: three sub-adult and four adults, with both sexes represented, although part of the human collection is currently lost. We have obtained C14 dates from 4 of these 7 individuals indicating a prolonged funerary use of the cave from the Early Neolithic until the Bronze Age. We observed some biases in the skeletal representation which could be due to differences in the excavation methods between field seasons and/or the action of carnivores, the latter being evident in at least three of the individuals. The taphonomic modifications are typical of those found in the post-abandonment phases in cave funerary contexts. The relatively low number of individuals compared with other sites in the region and extended timespan over which the remains were deposited suggest that the cave was used only sporadically for funerary purposes. We report the first biomechanical data for a Neolithic individual from the Iberian Peninsula, which show greatest overall similarity to the Neolithic sample from France and Italy. Finally, the broad time period covered by the direct dates and the more complex taphonomic history than was previously assumed for such sites indicate that caution is warranted when assigning sepulchral caves to cultural periods in the Western Pyrenees when no direct radiocarbon dates have been obtained.

1. Introduction

During the Holocene, the last hunter-gatherers and the first farming

societies in the Iberian Peninsula show variation in their mortuary practices with chronological and regional differences in their ways of treating their dead (Arias Cabal, 2012a; López-Onaindia and Subirà,

* Corresponding author. Dpto. Estratigrafía y Paleontología, Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea, Barrio Sarriena s/n, 48940, Leioa, Spain.

** Corresponding author. Dpto. Estratigrafía y Paleontología, Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea, Barrio Sarriena s/n, 48940, Leioa, Spain.

E-mail addresses: andrea.garcia@ehu.eus (A. García-Sagastibelza), asier.gomez@ehu.eus (A. Gómez-Olivencia).

<https://doi.org/10.1016/j.quaint.2020.06.043>

Received 31 January 2020; Received in revised form 7 May 2020; Accepted 28 June 2020

Available online 26 July 2020

1040-6182/© 2020 Elsevier Ltd and INQUA. All rights reserved.

2017). Most of the variation in mortuary practices refer to differences in funerary treatment, and the types of funerary locations used, which include caves, rockshelters, megalithic structures and open-air sites (Armendariz, 1992; Armendariz and Etxeberria, 1995; Ontañón and Armendariz, 2005; Fernández-Crespo, 2010, 2015, 2016). Additionally, there is scant evidence of cannibalism in the Bronze age (Cáceres et al., 2007). However, there is a dearth of systematic taphonomic studies of the human remains recovered from cave deposits, which could give greater insight into the treatment of the human remains both at the time of deposition and in subsequent manipulation or disturbance by both human and other factors (González Rabanal et al., 2017; Saladié and Rodríguez-Hidalgo, 2017).

The Western Pyrenees (WP) is an area of special interest due to its geography and ecological particularities (Arrizabalaga and Rios-Garaizar, 2012). First, it serves as a passage between the Iberian Peninsula and the rest of Europe and has been an important cultural and biological corridor (Arias Cabal, 2012a; Gómez-Olivencia et al., 2014). Second, this area encompasses coastal and mountainous areas, as well as the peripheral areas of the Iberian plateau, resulting in a diversity of landscapes and ecological conditions in a relatively small area.

Primary individual burials were predominant during the Palaeolithic, Mesolithic and Early Neolithic (Armendariz, 1992, 1999; Pettitt, 2011), until the end of the 5th millennium BCE (before Common Era), when collective burials increased in frequency. In the individual burials, each skeleton is found isolated (and/or in a specific pit), while in the second one all skeletons are found in the same place. The latter could be due to the accumulation of single individuals buried diachronically, and/or due to simultaneous burial in form of mass grave, for example due to disease outbreak or interpersonal violence (Armendariz and Etxeberria, 1983; Armendariz, 1999).

During the Mesolithic, both open-air sites and caves were used for funerary purposes (Arias and Cubas, 2018), where the skeletons were buried laterally flexed in individual graves (Armendariz, 1992, 1999; Cubas et al., 2016). Examples in WP include J3 (8,300 ± 50 BP; 7,594–7,379 cal BCE) and Linatzeta (7,315 ± 35 BP; 6,086–5,925 cal BCE). In J3, a male adult was found who may have been tied or wrapped (Álvarez-Fernández et al., 2010; Iriarte-Chiapusso et al., 2010), while in Linatzeta the skeleton belonged to a 6-month-old infant (Tapia Sagarna et al., 2008). In other sites in the Cantabrian and Asturian region such as El Truchiro (6th millennium BCE) or Tito Bustillo (8,470 ± 50 BP; 7,593–7,382 cal BCE) (Arias Cabal, 2012b), the skeletons were also found in the same laterally flexed position. The burials from Los Canes (7th–6th millennium BCE) are notable: five individuals were found in what was thought to be a collective burial, but it has been subsequently demonstrated that the skeletons were buried individually and the graves were reused (Cubas et al., 2016; Arias and Cubas, 2018).

The neolithization process in northern Iberian Peninsula began with a different chronology and with a different dynamic compared with the rest of Iberia and was more similar to the Atlantic coast of Europe (Cubas et al., 2016). The discovery of barley and coated wheat in caves such as El Mirón (Cantabria), Lumentxa, Kobaederra and Pico Ramos (Basque Country) and cereal pollen in Herriko Barra (Basque Country) locate the beginning of agriculture around the late 6th–early 5th millennium BCE (Zapata Peña, 2002; Peña-Chocarro et al., 2005; Zapata Peña, 2005). This would coincide with the persistence of Mesolithic populations in the region (Fano et al., 2015; Cubas et al., 2016). The megalithic phenomenon started in the mid-5th millennium BCE in the north of the Peninsula (Ontañón and Armendariz, 2005; López-Onaindia and Subirà, 2017; Arias and Cubas, 2018), with a major presence around 4,000–3,900 BCE (4th millennium), suggesting that their construction was limited to a relatively short period of time (Arias Cabal, 2012a; Cubas et al., 2016; Arias and Cubas, 2018).

During the Neolithic, collective burials more frequently took place in megaliths than in caves/rockshelters (Armendariz, 1999; Fernández-Crespo, 2010; Arias Cabal, 2012a). During the second half of the 4th millennium (Late Neolithic), the use of the megaliths, although still

predominant (Arias Cabal, 2012a; López-Onaindia and Subirà, 2017), started to decline, and the use of caves and rockshelters increased. There are some examples of entirely sepulchral caves dated to this millennium, like Pico Ramos (Muskiz, Biscay; $n = 104$) or Urtao II (Oñati, Gipuzkoa; $n = 51$).

Signs of interpersonal violence have been identified in some of the Neolithic collective burials (Etxeberria Gabilondo and Herrasti Erlogorri, 2007; Fernández-Crespo and de-la-Rúa, 2015), probably resulting from warfare (Armendariz, 1999; Fernández-Crespo, 2007). The site of San Juan Ante Portam Latinam, which yielded 338 individuals, is well known for the discovery of several individuals who died during warfare and were buried simultaneously (Etxeberria and Vegas, 1988; Etxeberria Gabilondo and Herrasti Erlogorri, 2007; Fernández-Crespo, 2007). Additionally, there is evidence for the rearrangement of some individuals, mostly cranial remains, into a corner in order to leave more space for new inhumations (Fernández-Crespo et al., 2018). Another interesting characteristic of this site is that it is geographically surrounded by several megalith structures (Vegas et al., 1999, 2012; Fernández-Crespo and de-la-Rúa, 2015).

In the Chalcolithic period, the use of the sepulchral caves coincides with the decreased use of megaliths, and a preference for reusing existing structures rather than constructing new ones (Armendariz, 1990; Fernández-Crespo, 2007; Cubas et al., 2016; Fernández-Crespo and de-la-Rúa, 2016; López-Onaindia and Subirà, 2017; Arias and Cubas, 2018). The intensity of megalith use continued to decrease in the 3rd millennium BCE, especially in the Late Chalcolithic and Early Bronze Age (Arias Cabal, 2012a; Fernández-Crespo and de-la-Rúa, 2015; Fernández-Crespo, 2015, 2016; Cubas et al., 2016; Arias and Cubas, 2018).

Caves were commonly used until the Bronze Age (Ontañón and Armendariz, 2005), but they were used for occupation as well as funerary purposes (Armendariz, 1992). In this period, collective burials were also predominant, and continued for most of the Bronze Age (Armendariz, 1992; Arias Cabal et al., 2005).

There are geographical differences in the use of megaliths vs. caves/rockshelters as funerary sites: megaliths tend to be found at high altitudes, while caves are normally used at lower altitudes (Ontañón and Armendariz, 2005; Arias Cabal et al., 2005; Arias Cabal, 2012a). This difference could derive from the need to control the landscape and be close to streams (Ontañón and Armendariz, 2005; Fernández-Crespo and de-la-Rúa, 2016).

Both in megaliths and caves, all age groups and both sexes are represented (Armendariz and Etxeberria, 1983; Ontañón and Armendariz, 2005; Arias Cabal, 2012a; Cubas et al., 2016), but higher numbers of adult males in megaliths and of adult females in caves has been observed (Fernández-Crespo and de-la-Rúa, 2015, 2016).

The study of recent prehistoric populations has been very variable in the WP. There are detailed reports for some sites (e.g., Santimamiñe, Pico Ramos or San Juan Ante Portam Latinam; De la Rúa, 1990; Zapata, 1995; Baraybar and De la Rúa, 1995; Etxeberria Gabilondo and Herrasti Erlogorri, 2007; Herrasti and Etxeberria, 2011; López Quintana et al., 2015; Fernández-Crespo et al., 2018). Others, despite having been the focus of ancient DNA analysis, have not been studied in detail until very recently (e.g., Atxuri; García-Sagastibelza, 2017; García-Sagastibelza et al., this volume). We also lack a general understanding of the Holocene dwellers of WP, with little basic information such as average stature, lifestyle and mortuary behaviour, both due to preservation bias but also because many studies have centred on the cranium. The application of taphonomic and forensic techniques have provided important new insights into the mortuary practices of extinct species (Sala et al., 2015a, 2015b; Sala et al., 2015; Rougier et al., 2016; Gómez-Olivencia et al., 2018a), but these techniques have only been partially applied in recent prehistoric sites in the WP, specifically to certain sites with evidence of violence (Etxeberria Gabilondo and Herrasti Erlogorri, 2007; Fernández-Crespo, 2007, 2015; Fernández-Crespo et al., 2018). Finally, advances in imaging techniques offer new ways to study long bones which

can provide important information regarding the paleobiology of past human populations, including important aspects such as sexual dimorphism, mobility or subsistence strategy (Rodríguez et al., 2018; Ruff, 2018a; Sparacello et al., 2018), but such methods have not been widely applied in the Iberian Peninsula (but see Ruff and Garvin, 2018).

Biomechanical studies of the long bones can provide relevant information about the lifestyle of past populations (Ruff, 2008), as the upper and lower limb bones are involved in various activities like manipulation or locomotion respectively. Bone adapts functionally to the mechanical loading it experiences during life through by the addition of bone tissue in areas experiencing greatest loads, and the resorption of bone in regions under lower mechanical stress (Ruff and Hayes, 1983; Pearson and Lieberman, 2004; Ruff et al., 2006; Ruff, 2008). By examining the cross-sectional geometric properties (CSGP) of long bone shafts, we can infer past behavioural patterns such as the degree of bilateral asymmetry in upper limb use, gendered differences in mobility and labour patterns, or the impact of changes in subsistence strategy on lifestyle (e.g., Macintosh et al., 2013; Stock and Macintosh, 2016; Rodríguez et al., 2018; Ruff, 2018a). A common observation is that the transition to food production and more sedentary lifestyles is associated with decreased habitual mobility (Ruff and Hayes, 1983; Holt et al., 2018a), especially among males, that is reflected in decreased lower limb bone robusticity (biomechanical properties adjusted to mechanically relevant measures of body size). For certain European regions, long-term studies of the evolution of biomechanical variables have been possible (e.g., Holt et al., 2018b). However, for the Iberian Peninsula, biomechanical data from Holocene populations is restricted to a few Mesolithic individuals from Moita de Sebastiao (5 males), Muge Arruda (1 male), Los Canes and the Argar populations of Terrera del Reloj (2 males) and Castellon Alto (15 males), and there is so far no data from the

Neolithic (Ruff and Garvin, 2018).

In this context, Lumentxa is a classic site for which the presence of human remains was reported more than 90 years ago (Aranzadi, 1929). Preliminary studies have demonstrated the diachronic use of this cave for funerary purposes (Arribas Pastor, 1993; Arias Cabal, 2012a; García-Sagastibelza et al., 2018, 2019), yet we lack a detailed study of the whole human bone assemblage. The principal aim of this article is to present a complete anthropological study of the human remains from the site, including a taphonomic study to provide insights into funerary behaviour, new direct C14 dates of some of the individuals to refine the chronology of site use, and the first biomechanical information from an individual from the Neolithic ($5,105 \pm 80$ BP) of this region. We finally discuss the new results in the context of the new information gathered from the excavation of this site and with the known general context for the Western Pyrenees.

2. The Lumentxa cave site

Lumentxa cave (Lekeitio, Biscay, Northern Iberian Peninsula) is located on the hillside of Calvario, a mountain in Kakueta (Arribas Pastor, 1997; Garate Maidagan et al., 2013), at 70 m above sea level, near the mouth of the Lea river, in the bay of Lekeitio (Fig. 1 a-c).

The entrance (2.5×3.5 m) of the cave is oriented to the south-west (Garate Maidagan, 2012) and connects with a large four-sided hall (18×9 m, area of c. 200 m^2) where the archaeological excavations took place. To the left of the main hall, there is a small gallery. At the end of the main hall is a small curved gallery which connects with a corridor leading to a gallery of 50 m of length that represents the end of the cave (Fig. 1d).

The archaeological site in the cave was discovered on August 12th

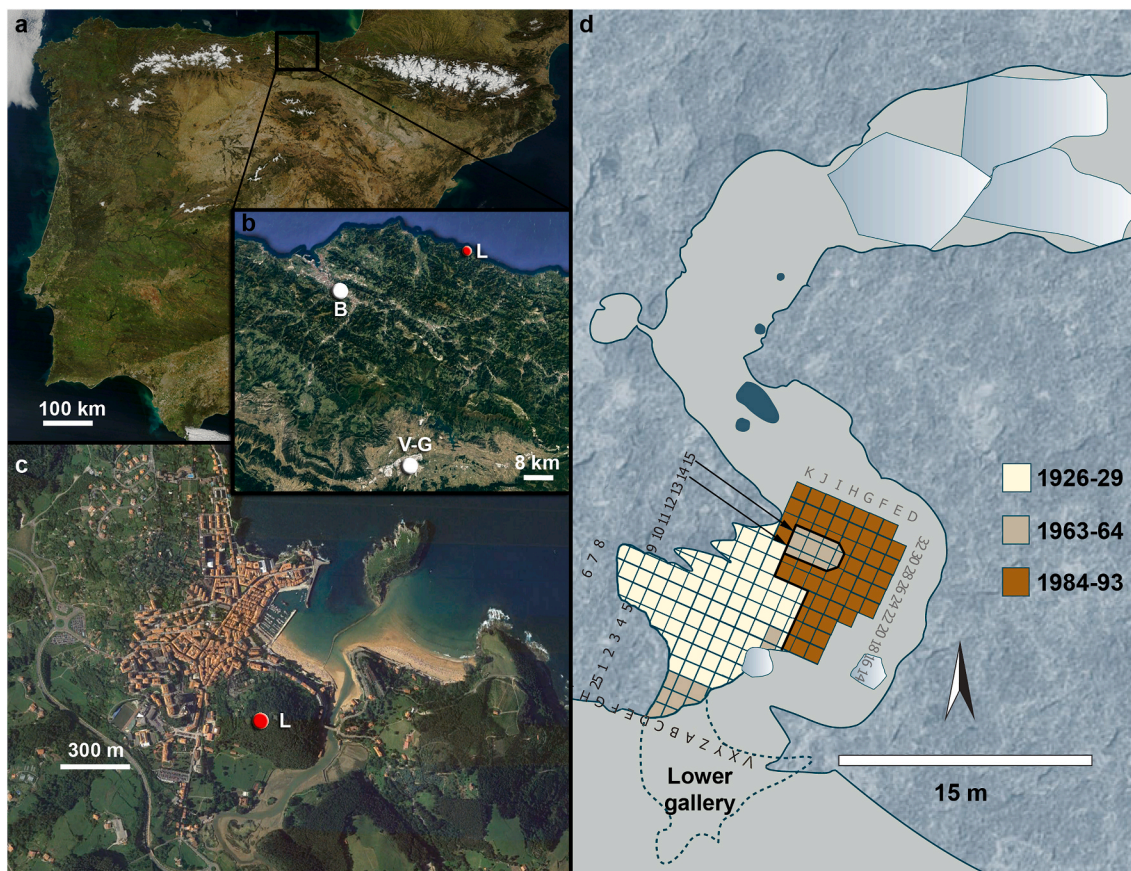


Fig. 1. a-b) Location of Lumentxa (L) in the northern Iberian Peninsula, relative to the cities of Bilbao (B) and Vitoria-Gasteiz (V-G). c) Location of the Lumentxa (L) site relative to the village of Lekeitio. d) Partial plan of the cave with the different excavation phases (modified from Garate Maidagan, 2012). Note that the grid for the Barandiarán excavations (1926-29 and 1963-64) was established in 1963, during the second excavation phase.

1921 by José Miguel de Barandiarán, Nicolás de Arroita and Eustasio de Arritola (Aranzadi et al., 1935). Three archaeological excavations took place at different times during the 20th century, recovering a rich archaeo-paleontological record that spans the Upper Paleolithic through to the historic (Roman) period (Aranzadi et al., 1935; Barandiarán Maestu, 1967; Garate Maidagan, 2012; Arribas Pastor and Berganza Gochi, 2018). The first excavation was directed by Telesforo de Aranzadi and José Miguel de Barandiarán between 1926 and 1929. Barandiarán alone directed further excavations between 1963 and 1964, and more recently (1984–1993), the cave was excavated under the direction of one of us (JLA). The first excavations were organised in trenches, but during the second phase of excavations, a complete plan was made using grid squares, on which the locations of the previous excavations were also recorded (Fig. 1d). In parallel, the entire collection of finds from the 1920's was reorganised into the grid system (Arribas Pastor and Berganza Gochi, 2018). The cave's proximity to the village of Lekeitio, as well as the easy access to its entrance, have facilitated the visits of many people since the second half of the 19th century, which has damaged the site.

The Upper Paleolithic levels yielded a rich assemblage, comprising lithic industry (mainly burins and scrapers), worked bones (spear-heads, harpoons, burins and some perforated faunal teeth; Garate Maidagan, 2012), remains of wild fauna, including reindeer (Castaños, 1986; Gómez-Olivencia et al., 2014), and an abundance of molluscs (Barandiarán, 1966; González Sainz, 1989). More recently, evidence of cave art was discovered: Garate Maidagan and collaborators (2013) found three zoomorphic (two bison and a horse) and 25 ideomorphic representations (lines, points and patches) in several galleries. Additionally, other unusual finds have been made, including a wall structure, one flint inserted on the wall or one patch of ochre processed on a hanging platform. These characteristics are directly associated with artistic activities during the Recent Magdalenian at the Cantabrian-Pyrenean area (Garate Maidagan et al., 2013).

The more recent excavations directed by Arribas in a different sector of the cave unearthed a sedimentary sequence in which only Holocene levels were excavated. Three levels were discovered, but this excavation mostly concentrated on the first two levels (level I and II). The sequence comprises Roman and recent prehistoric occupations (Arribas Pastor and Berganza Gochi, 2018). Level I is the result of a mix of modern and prehistoric material. Level IIA is a mix of Roman (mainly “Terra sigillata” and “Common local” pottery, assigned to the 4th century BCE) and modern materials (Arribas Pastor and Berganza Gochi, 2018). Layers IIB and IIC have yielded Bronze Age, Chalcolithic and Late Neolithic remains, mainly pottery, with a few flint lithics and some worked bone (Arribas Pastor and Berganza Gochi, 2018).

The faunal assemblage is dominated by domestic animals (ovicaprine, bovine and porcine), with occasional wild animals (wild boar, red and roe deer, and fox), fish, and molluscs (Arribas Pastor and Berganza Gochi, 2018). Finally, a small quantity of microfaunal remains have been reported from Levels IIB, IIC and III, dominated by *Apodemus sylvaticus-flavicollis* and *Anguis fragilis* (Suárez-Bilbao et al., 2018).

2.1. The human remain collection from Lumentxa

During the first excavation period, a total of 25 human remains were recovered. Eight of these remains were recorded in the excavation diary (Aranzadi et al., 1935), so that information about their recovery is available. However, there is uncertainty about the locations of and possible connections between the other remains.

The first anthropological studies described a subadult cranium and mandible recovered in 1928, along with five other human remains (Aranzadi, 1929; Aranzadi et al., 1935), which are not currently housed in the Arkeologi Museoa (Bilbao, Biscay). Arias Cabal, 2012b directly radiocarbon dated one fibula from this excavation phase to $6,122 \pm 38$ BP (4,952–4,726 cal BCE.), i.e. Mesolithic or Early Neolithic period. Isotopic analyses suggested a high level of consumption of marine foods

or animal protein (Arias Cabal, 2012b; Arias and Cubas, 2018).

The second period of excavation (1963–1964) only yielded six human remains. Four of them were recovered from Level II, which was characterised by the presence of pottery and assigned to the Neolithic and the Bronze Age due to the similarity with material from Santimamiñe (Barandiarán, 1966). The exact provenance of other two of these human remains is unknown.

One hundred and seventy-five human remains were recovered during the third excavation phase directed by one of us (J.L.A.; 1984–1993): 108 of these came from the Late Neolithic layer (IIC layer), 55 from the Chalcolithic-Bronze Age layer (Level IIB) and six from the mixed Late Roman and modern materials (Level IIA). Six remains have no stratigraphic context.

3. Materials

We have studied all the human remains from Lumentxa cave curated at the Arkeologi Museoa (Bilbao, Biscay). The collection consists of 213 human remains (222 before refits). There is no evidence that six of the remains mentioned in Aranzadi (1929) were stored at the Arkeologi Museoa, so these were unavailable for study.

Comparative data on stature and body mass from Mesolithic and Bronze Age samples from the Iberian Peninsula were selected (Ruff and Garvin, 2018), along with Neolithic data from Caño Bajo (Varela Pérez, 2013), Cerro Ortega (Feucht et al., 1999), San Juan Ante Portam Latinam (Vegas Aramburu, 2007; this study) and Segudet (Yáñez et al., 2002).

For the biomechanical study, data from various European comparative samples were used, given the lack of comparative data from the study region. Because in Europe, modern humans have shown a general decline in skeletal robusticity since the Palaeolithic to the present interpreted as reflecting a long term trend for decreased habitual activity and mobility (Ruff et al., 2015; Ruff, 2018a, 2018b; Cox et al., 2019), European comparative samples from a wide range of time periods were employed to help to put our results into context and offer preliminary interpretations of activity patterns (while recognising the limitations of our sample size).

For the humerus, comparative samples from Mesolithic and Bronze Age from the Iberian Peninsula came from Ruff and Garvin (2018). Comparative data from Neolithic sites in France and Italy were included in the study (Holt et al., 2018b).

For the femur, Mesolithic and Bronze Age samples from the Iberian Peninsula were selected from Ruff and Garvin (2018), while Upper Palaeolithic, Mesolithic, Neolithic, Bronze Age and Iron Age/Roman Age samples from France and Italy were obtained from Holt et al., 2018b. A femur from Atxuri I ($3,570 \pm 30$ BP) has also used for comparisons (García-Sagastibelza et al., this volume). When data were available from both femora of an individual, the mean of right and left was used in analyses (Trinkaus and Ruff, 2012).

A sample dating to the 7th-8th century from the Jau-Dignac-et-Loirac commune, near the Gironde estuary (Nouvelle Aquitaine, France: Carton and Castex, 2006, 2010, Deguilloux et al., 2014; d’Incau et al., 2015) was also included in this study. CT-scans of 14 of the 65 individuals from this site were available for analyses (7 males and 7 females).

4. Methods

4.1. Age-at-death and dental discrete traits

In non-adult individuals, we studied the degree of calcification and eruption of the dentition (Crétot, 1978; Buikstra and Ubelaker, 1994; AlQahtani et al., 2010) as well as the general size and degree of fusion of the secondary centres of ossification (Scheuer et al., 2000; White and Folkens, 2005). CT-scans of two subadult mandibles were made, to try to offer a more accurate age estimate. In adults we estimated the

age-at-death from dental wear (Brothwell, 1981; Lovejoy, 1985; Buikstra and Ubelaker, 1994).

4.2. Sex

Due to the absence of pelvises and complete cranial bones, qualitative characters of the mandibles were assessed (Bass, 2005), mainly the mental eminence (Buikstra and Ubelaker, 1994). Moreover, some measurements in complete humeri and femora were also used for sex determination (Buikstra and Ubelaker, 1994).

4.3. Stature and body mass estimation

Stature was estimated for adults using maximum femur length, following the formula of Ruff et al. (2012).

Body mass (BM) was estimated in adult individuals from femoral head diameter (FHD). For FHDs smaller than 38 mm, the formula of McHenry (1992) was used, while an average of three formulae (Ruff et al., 1991; McHenry, 1992; Grine et al., 1995) was used for FHDs between 38 and 47 mm. For FHDs larger than 47 mm, an average of the formulae of Ruff et al. (1991) and Grine et al. (1995) was used (Auerbach and Ruff, 2004, 2006; Trinkaus and Ruff, 2012; Sparacello et al., 2018).

4.4. CT-scans

CT-scans of the complete long bones (for biomechanical analyses) and two mandibles (in order to assess the age-at-death) from Lumentxa were performed at the IMQ Zorrotzaurre Hospital using the Siemens Definition As 20, with a source energy setting of 120 kv/180 mAs, slice thickness was collimated to 0.6 mm, and a slice increment of 0.6 mm. The images obtained were exported as DICOM files. These CT scans are available with the identifier <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.12254942>. The Jau-Dignac-et-Loirac femora, were scanned in Tivoli Medical Center in Bordeaux.

4.5. Biomechanical analysis

The study of the biomechanical properties is restricted to individual 5 (one humerus and one femur) due to skeletal preservation and completeness. The 3D models of the bones derived from the CT-scans were aligned and the cross-sectional geometric properties (CSGP) of the bones were quantified in ImageJ (rsbweb.nih.gov/ij/), using the plugins BoneJ (Doube et al., 2010) and MomentMacroJ (Ruff, 2006; www.hopkinsmedicine.org/faq/mm_macro.html).

The CSGP chosen for this study are percent cortical area (%CA) and polar section modulus (Z_p), although other biomechanical properties are also reported in the supplementary tables as a matter of record (see Supplementary Table S1 for details). Percent cortical area (%CA) is a measure of relative cortical area relative to the total area of the cross section that reflects axial loading (body mass and activity levels), as well as other lifestyle factors like nutrition (e.g. Garn et al., 1967; Ruff, 2008; Mays et al., 2009; Robbins Schug, 2011; Rodríguez et al., 2018; Ruff, 2018b). The polar section modulus (Z_p) represents the torsional and average bending strength and is used as an indicator of the overall mechanical loading on bone (Ruff, 2002, Ruff, 2008, 2018b; Trinkaus and Ruff, 2012; Pomeroy et al., 2018; Rodríguez et al., 2018).

The most relevant CSGP section in the femur for the analysis of activity patterns is the midshaft (50% section of the biomechanical length measured from the distal end), while in the humerus the cross section at 35% from the distal end is typically analysed, to avoid the undue influence of the deltoid tuberosity (Ruff, 2018a). However, data from other cross-sectional locations are reported in the appendices to make them available for future studies.

As the robusticity of the long bones is influenced by body mass and limb lengths in addition to physical activity (Ruff et al., 1991; Marchi

et al., 2006; Ruff, 2008), CSGP data must be standardised to remove the effects of these parameters (Ruff et al., 1991; Ruff, 2000; Davies and Stock, 2014). The polar section modulus (Z_p) was standardized by dividing by the product of body mass and bone length (Ruff, 2000, 2002, 2018b; Sparacello et al., 2018). %CA is by its nature self-standardising.

4.6. Paleopathological lesions and dental non-metric traits

All the bones were examined macroscopically for anomalies, that could constitute pathological lesions. All the lesions of the vertebrae were recorded using a numerical code in order to indicate the presence as well as the degree of development of these anomalies on the surface and edges of the articular facets and vertebral bodies (Dawson and Trinkaus, 1997, based on Trinkaus, 1985).

To evaluate whether individuals may have had scoliosis, the height of the vertebral body and articular pillars of the vertebrae were measured to document any asymmetries.

Dental pathologies were also evaluated and studied, focusing on the presence and location of caries, dental calculus and alveolar reabsorption (<3 mm, 3–6 mm, > 6 mm) as an indicator of periodontal pathology, as well as the presence of enamel hypoplasia.

In addition, we studied the non-metric traits from the permanent dentition following the ASUDAS method (Turner et al., 1991).

4.7. Direct radiocarbon dating of human remains

Two previous direct dates on human remains, corresponding to two different individuals, were available (Arias Cabal, 2012b; Arribas Pastor and Berganza Gochi, 2018; García-Sagastibelza et al., 2018). Five additional human remains, belonging to at least another three individuals were submitted for direct dating: two samples were sent to the Beta Analytics Inc (Florida, USA) and three samples to Centro Nacional de Aceleradores (Sevilla, Spain). One of the latter samples (one pre-molar; label: L.14Z.455.2) could not be dated, due to the lack of collagen. These new radiocarbon dates of the human bone samples were obtained with AMS methodology, which is more suitable for this material, since it needs a smaller sample, ca. one gram, than traditional radiometric methods.

While the collagen of samples analysed in Beta Analytics (Florida, USA) was obtained using the standard collagen extraction including alkali pretreatments, collagen from the samples prepared at the Centro Nacional de Aceleradores (CNA; Seville; Spain), was obtained following a modified version of the so called “Longin collagen method” (Longin, 1971) with the addition of the ultrafiltration step (Higham et al., 2006).

The new and previously published dates were calibrated using Oxcal v.4.4 software (Bronk Ramsey, 1998, 2009) and Intcal20 calibration curve for terrestrial samples and Marine13 curve for samples showing marine protein income in the diet (Individual 6) (Heaton et al., 2020; Reimer et al., 2020).

4.8. Taphonomic analysis

For the taphonomic analysis, 180 remains were examined, of which 77 (42% NISP) are complete, including several long bones (2 humeri, 2 radii, 1 ulna, 1 femur and 2 fibulae) and various flat bones (cranial remains, 1 scapula and articular remains). Dental remains were excluded. The taphonomic analysis was performed using standardised methods and techniques (<https://paperpile.com/c/zPb5YQ/sWbP>, Henderson, 1987; White, 1992; Lyman, 1994; Pokines and Symes, 2013). Both taphonomic modifications on the surface of the bones and the fracture analysis were studied, looking for fossildiagenetic (Behrensmeier, 1975; Fernández-Jalvo and Andrews, 2016) and biostratinomic modifications, specially modification by carnivores (Binford, 2014).

Trampling was identified following Domínguez-Rodrigo et al. (2009). To assess the degree of fragmentation and the condition of the bones at the time of breakage, the methodology of Bunn (1983) modified

by Villa and Mahieu (1991) was followed.

In the case of the crania, ribs, scapulae, coxal bones and vertebrae, the type of fracture was described, although in some cases it was not possible to determine reliably the cause of fragmentation.

Damage attributable to cremation was described by colour, using the six-degree scale proposed by Stiner et al. (1995). Other modifications associated with postdepositional processes were also identified, such as modification by plant roots, chemical erosion, biochemical marks, manganese and iron oxide staining, cementation and trampling (Fiorillo, 1989; Lyman, 1994; Domínguez-Rodrigo and Barba, 2006; Pokines and Symes, 2013).

5. Results

A minimum of 7 individuals are represented in the Lumentxa human osteological collection: 170 remains (182 before refitting) were assigned to these individuals, one of which being the individual studied by Aranzadi (1929). Forty-three remains (46 before refitting) were not assigned to any individual. The number of anatomical elements assigned to each individual is detailed in Table 1, while the anatomical representation of the identified individuals is summarised in Table 2. The age-at-death estimates are summarised in Table 3 and the C14 dates for the Lumentxa specimens and their chronology can be seen in Table 4.

The new four samples sent for radiocarbon dating preserved good collagen quality, as they show acceptable extraction yield, and all the samples' C:N ratio is between 2.9 and 3.3 with good concentrations for both C and N (Van Klinken, 1999). In addition, all the new dates display small standard deviations (Table 4).

The six available direct dates from human remains for Lumentxa have helped in reconstructing the chronology of the inhumations at this site. In this sense, the combination of the six dates provide four different chronologies (Fig. 2), which comprises a range of 3,000 years spanning from the Early Neolithic (Arias and Cubas, 2018) until the Bronze Age. These four timeframes correspond to four of the individuals recovered from the cave and allowed us to determine the number of adult individuals (individuals 3 to 6). Two of the new dates – CNA 5113.1.1 and Beta-493405 – belong to the Chalcolithic period and likely correspond to the same individual considering the high overlap of the date span, Individual 4. None of the new dates coincides with the chronology of Ua-12665, which belongs to a burial from the Neolithic. Finally, one of the new dates – CNA 5114.1.1 – is very close to and overlaps with the date obtained by Arias Cabal, 2012b, indicating that both likely belong to the same individual and reinforcing the validity of these dates.

Selected taphonomic traits observed in the different individuals, as well as the modifications associated with carnivore activities are shown in Fig. 3. All the different taphonomic modifications are documented in Table 5. These results are considered below for each individual, in order

Table 1
Individuals from Lumentxa and their assigned minimum number of elements (MNE).

Individual ^a	NME	Estimated age-at-death ^b	Determined sex
Individual 1	11	3–5	–
Individual 2 ^{a, c}	2 ^a	3–5	–
Individual 1-2	5	–	–
Individual 3 ^a	6	18–21	–
Individual 4 ^a	24	25–40	Female
Individual 5 ^a	110	40–55, >55	Male
Individual 6	9	–	–
Individual 7	3	8–16	–
Indeterminate	38 + 5 ^a	–	–
Total	213		

^a The number of these individuals have changed from previous studies (García-Sagastibelza et al., 2018, 2019).

^b See Table 3.

^c Specimen not stored at the Arkeologi Museoa (Bilbao, Bizkaia) but listed in Aranzadi (1929).

to reconstruct their distinct taphonomic histories.

5.1. Individuals

5.1.1. Subadult individuals 1 and 2

Individual 1 is represented by 11 remains including the neurocranium (see Supplementary Fig. S1), part of the maxilla and part of the mandible (Tables 2 and 3; Fig. 4a-c2; Supplementary Table S2) and four teeth. All bones show a good preservation of the cortical surfaces. Overall, these bones are either disarticulated (e.g. temporal bone L.16H.160.1A) or fragmented, with break edges compatible with diagenetic fragmentation (e.g. the maxilla L.14H.1 with a small fracture to the zygomatic bone, or cranium L.16H.160.1 with several fractures). The cranium also presents evidence of trampling in the form of concentrated grooves in the outer face of the neurocranium, as well as erosion, colour changes (brown) probably of biochemical origin and dissolution domes scattered on both sides compatible with chemical erosion of biological origin (Fig. 3a, a1). There is a large groove (31 mm long) in the right orbital, which may be compatible with superficial trampling, showing microstriation in the bottom of a shallow mark and accompanied with several smaller and more superficial striae (Fig. 3a, a2). On the right temporal bone, there is a short and deep groove of 12 mm length, compatible with modern scraping made by a metallic tool, as indicated by its width and colour change (Fig. 3a, a1). The mandible (label: L.28K.1198.rev) presents scattered arborescent black staining caused by the precipitation of manganese oxide (Table 5).

Based on the pattern of dental eruption, age-at-death is estimated to be between 3 and 5 years old (Table 3; Crétot, 1978; AlQahtani et al., 2010). The maxilla and the mandible are partially preserved (see Supplementary Fig. S1 and Table S2).

The cranium of this individual was recovered in a small strip of intact sediment located between the areas excavated during the first and last excavation seasons (Fig. 4a-c2 and Supplementary Fig. S1). A trench of 5 × 1 m² was excavated between squares 14H and 22H, where modern materials and sediment collapsed from the section wall were found, that filled the void left by the archaeological intervention. One fragment of this cranium has been directly dated in 3,550 ± 30 BP (2,014–1,771 cal BCE) (Table 4), which is chronologically and culturally located in the context of the upper part of the IIB Level, corresponding to the Bronze Age (Fig. 2).

In 1928, an immature individual was recovered, comprising the cranium and the mandible with an estimated age-at-death similar to Individual 1 (Fig. 4d) (Aranzadi, 1929). We refer to this individual as Individual 2. This individual is not stored in the Arkeologi Museoa and its whereabouts are currently unknown.

Additionally, there are five immature human remains (Fig. 4e–g; Tables 1 and 2) that could be compatible with both Individuals 1 and 2, which include cranial and fragmented postcranial remains. They do not have diagnostic characters that allow us to deduce the type of fragmentation, but the cranial fragments composed of six small fragments (label: L.16H.160.D) present fractures of diagenetic type (right and mixed angles and irregular edges). A complete humerus (label: L.12Q.7; on both sides) and a pubis (label: L.12Q.135; on the outer face) present biochemical erosion in form of (eroded) domes and colour changing. The humerus also shows arborescent staining from the precipitation of manganese oxide (Fig. 3e, e1). As these two bones were recovered in a wall cavity rather from sediment, we cannot rule out the possibility that these taphonomic alterations are very recent (Table 5). The remaining three bones are slightly eroded, with some tissue loss in areas with low mineral density (spongy and/or epiphyseal bone). The lack of precise stratigraphic context for these remains precludes further association. Apart from the cranium and mandible from Individual 2, Aranzadi (1929) described the recovery of five additional human remains, all of which are currently lost, including a minimum of two belonging to subadult individuals. The lack of precise description and stratigraphic context for these remains precludes further association.

Table 2
Anatomical representation of the individuals identified in the site of Lumentxa.

Anatomical region	Individual 1	Individual 2	Individual 1 or 2	Individual 3	Individual 4	Individual 5	Individual 6	Individual 7	Indeterminate	Total
Neurocranium	4		1 (6 small fragments)						14	20
Maxillae	2	1 ^a				1				3
Mandibles	1	1 ^a		1	1	1				5
Isolated teeth	4			4		12			6 + 1 ^a	27
Hyoid bone						1			1	2
Cervical vertebrae					2	6	1		1	10
Thoracic vertebrae					7	9	4			20
Lumbar vertebrae					3	5	3			11
Sacrum						1				1
Coccyx						1				1
Indeterminate vertebrae									1 + 1 ^a	2
Ribs			1		2	17			7	27
Scapulae					1	2			2	5
Clavicles						2			1 + 1 ^a	4
Humerii			1		1	1		2	2	7
Radii				1		1				2
Ulnae					1	1				2
Carpal bones						7				7
Metacarpals						6				6
Hand phalanges (proximal/intermediate/distal)						9/3/7			0/2/0 + 1 ^a	22
Pubis			2							2
Femora					1	1		1	1 ^a	4
Fibulae					2	2	1			5
Tarsal bones						8				8
Metatarsals					1	3			1	5
Foot phalanges (proximal/intermediate/distal)					1/1	2/1/0				5
Total	11	2^a	5	6	24	110	9	3	43	213

^a Human remains described by Aranzadi (1929) currently lost. Apart from a complete cranium and mandible (Fig. 3). Aranzadi (1929) and Aranzadi et al. (1935) described that there was a human femoral head, a human molar, a subadult vertebra, a phalanx and a small clavicle.

Table 3
Age-at-death determination for individuals from Lumentxa based on the dentition.

Individual	Label	Anatomical región	Side	Age group/category	State of wear ^a	Age range ^a	Age range ^b	Age range ^c
1	L.14H.1	maxilla	R	non-adult	–	–	3–5	3.5–4.5
	L.16H.160.1	maxilla	L		–	–	3–5	3.5–4.5
	L.28K.1198.rev	mandible	R + L		–	–	3–5	3.5–4.5
3	L.14H.5	mandible	R	young adult	B1	18–21	>15	18–21
4	L.14Z.455.2	mandible	R	adult	F/G	30–35/35–40	>35	25–35
5	L.11F.110	maxilla	L	adult	H/>H	40–50/>50	>35	35–45
	L.14Z.480.1	mandible	R + L		I/>I	45–55/>55	>35	35–45

^a Based on Lovejoy (1985).

^b Based on Buikstra and Ubelaker (1994).

^c Based on Brothwell (1981).

5.1.2. Individual 3

Six human remains have been assigned to Individual 3 (Tables 1 and 2): a mandible, four isolated teeth and a radius.

The radius (label: L.10D.75.1) shows a colour change toward the distal epiphysis of indeterminate origin, where the bone darkens while the rest of the bone looks normal. The dark colour could have been caused by changes related to biochemical modifications (Table 5). It also has some small and very superficial root etching with colour changes to reddish-brown. Some biochemical changes were observed (blue staining) with cortical peeling on the other side of the distal epiphysis.

The mandible only preserves its right half (Fig. 5), conserving the first to third molars (M₁–M₃). As the root of the third molar is formed, despite the tooth not being in occlusion, the age-at-death has been estimated between 18 and 21 years old (Table 3) (Crétot, 1978; AlQahtani et al., 2010). The dentition does not present any caries and there is no evidence of alveolar resorption. The wear on the dentition is slight and only the M₁ has wear, exposing the dentine in a small percentage of its surface (state B1; Lovejoy, 1985). The discrete dental traits

of this individual are summarised in Supplementary Information Table S2.

The radius shows a distal metaphyseal line which could be consistent with the age-at-death estimated from the mandible. Moreover, the stratigraphic provenance of some of the isolated teeth (based on the information of the label) is similar to the radius.

The human remains attributed to this individual have different stratigraphic contexts. Two of the teeth were recovered on the surface of the floor (Level A of the first period of excavation and inferior part of Level IIA from the third period of excavation), which has modern intrusions and evidence of a Late Roman occupation. The other two teeth come from the superior part of Level IIB from the recent period of excavation. The mandible was found in the same trench as the Individual 1 cranium. Lastly, the radius was recovered during the 1920's excavation at a depth corresponding to the lower part of Level II (Neolithic).

Table 4
C14 dates of the human remains of Lumentxa.

Individual	Anatomical region	Label	Archaeological context	Laboratory number	C:N proportion	Radiocarbon age (BP)	Calendar calibrated results (95% probability) ^a		Reference
							BCE age	BP age	
Individual 1	Cranium fragment	L.22H.REV.46 ^c	Trench cleaning (see main text)	Beta-493404	3.3	3,550 ± 30	2,014–1,771	3,963–3,720	This study
Individual 4	Fibula	L.28F.220.10.L7 ^c	IIB	Beta-493405	3.2	4,780 ± 30	3,640–3,518	5,589–5,467	This study
	Vertebra	L.32F.198.11.L5 ^c	IIB	CNA 5113.1.1	3.0	4,810 ± 35	3,646–3,526	5,595–5,475	This study
Individual 5	Premolar Rib fragment	L.14Z.455.2 L.26F.240.5.L10 ^c	IIC	CNA Ua-12665	–	No collagen 5,105 ± 80	4,157–3,657	6,106–5,606	Arribas Pastor and Berganza Gochi, 2018; García-Sagastibelza et al. (2018)
	Vertebra	L.18G.208,5.184.L8 ^c	IIB	CNA 5114.1.1	–	6,110 ± 35	4,936–4,726	6,885–6,675	This study
Individual 6	Fibula	L.10B.80 ^b	III	OxA-18236	2.9	6,122 ± 38	4,952–4,726	6,901–6,675	Arias Cabal, 2012b; Arias and Cubas (2018)

^a Calibrated using Oxcal v.4.4 software (Bronk Ramsey, 1998, 2009) and Intcal20 calibration curve for individuals 1, 2 and 4, and Marine 20 curve for Individual 6 (Heaton et al., 2020; Reimer et al., 2020).

^b Recovered during the first period of excavation (1926–1929).

^c Recovered in the third period of excavation (1984–1993).

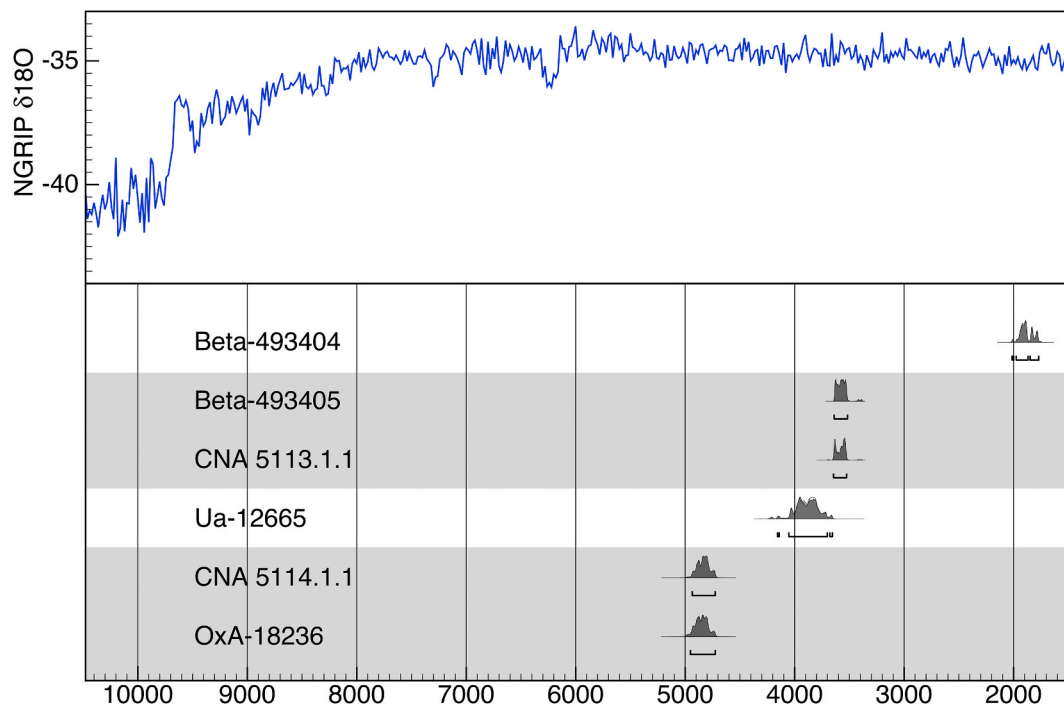


Fig. 2. Radiocarbon dates of the human remains of Lumentxa.

5.1.3. Individual 4

The fourth individual comprises 24 remains (Tables 1 and 2). This individual preserves the right half of the mandible (Fig. 5), a scapula, two ribs, 12 vertebrae, a humerus, an ulna, a femur, two fibulae, a metatarsal and two foot phalanges.

The vertebrae present minor tissue loss (erosions) compatible with diagenetic destruction, primarily located in the vertebral body in four of them. Two vertebrae display isolated biochemical erosion, while another has black manganese oxide staining. The L.15V.485 vertebra shows three non-circular depressions of unknown origin on the vertebral body (two on one side and one on the other). This vertebra is complete and does not present any fracture or modification, and thus it is unlikely that these depressions were caused by carnivores (Table 5). The

L.11F.125.2 vertebra presents a small groove of unknown origin in the right lamina of the lateral apophysis, which is not compatible with cut marks, trampling or bite marks. The L.32G.215,5.18.L7 vertebra shows small carbonate concretions filling fissures and holes. The ulna (label: L.30K.221,5.76.L7) is missing the distal epiphysis and part of the proximal epiphysis as a consequence of diagenesis.

The femur (label: L.26E.221,5.20.L8) lacks the distal epiphysis and has some damage to the femoral head and the greater trochanter, due to the action of carnivores (Fig. 3b). There are some bite marks in the spongy tissue of the proximal epiphysis (width > 3 mm), compatible with large size carnivores. There is also evidence of trampling in the form of scattered marks (Fig. 3d). A fragment of the diaphysis of the fibula (label: L.28F.44.L7) presents a double colour cremation

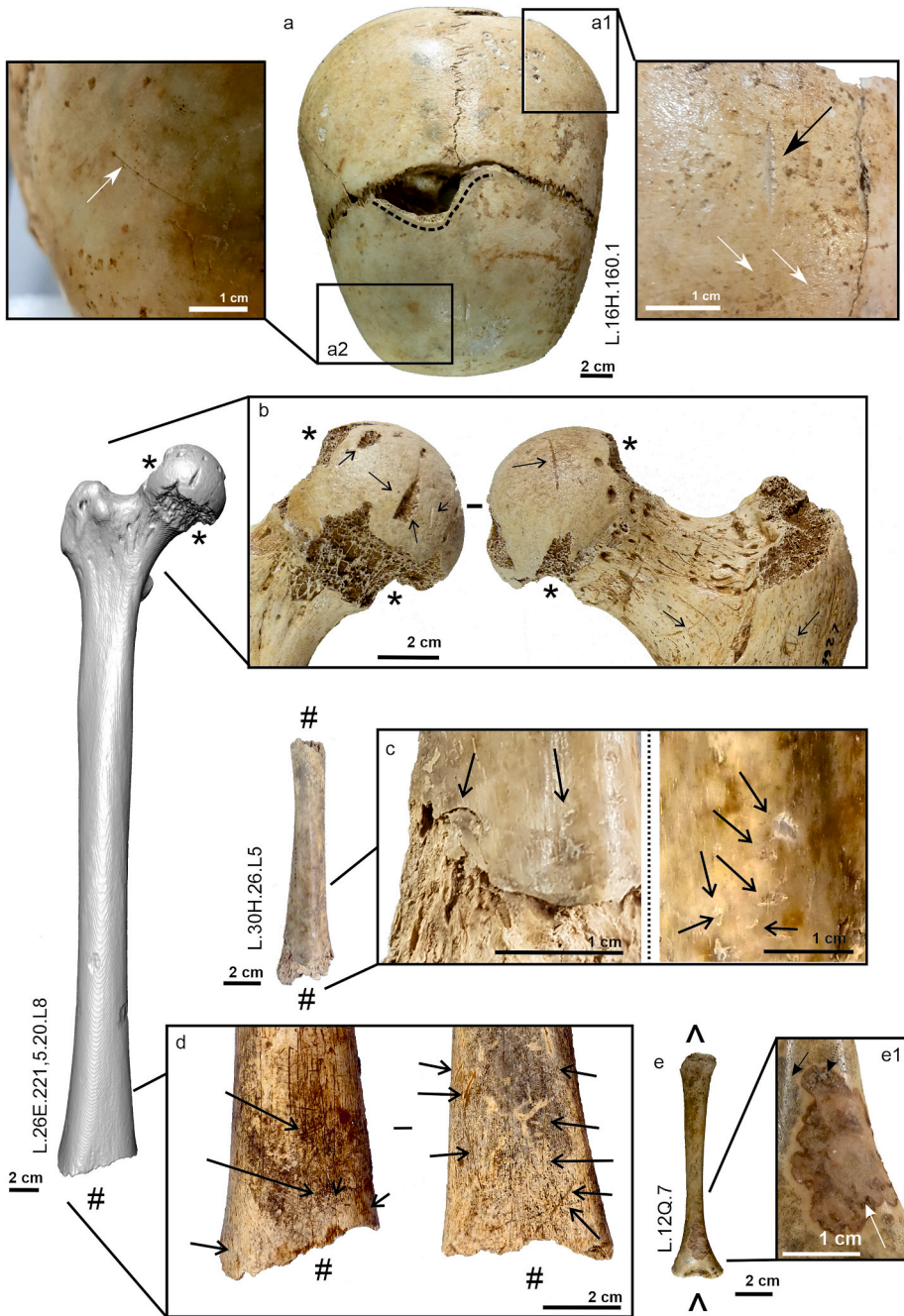


Fig. 3. Taphonomic modifications observed on the human remains from Lumentxa: a) cranium with postdepositional fracture (black dashed line), a1) biochemical erosion (white arrows) and modern damage from metal tools (black arrow), a2) trampling; b) gnawing of the proximal epiphysis of the femur, furrowing (*) and bite marks (scores and pits, black arrows); c) humerus with a total loss of the epiphyses by furrowing finally generating scooping out (#), (pits, black arrows); d) loss of the epiphysis (#) and associated bite marks (scores) (arrows); e) subadult humerus with tissue loss (^), e1) enlargement of the slight biochemical erosion with colour changes (white arrows), cementation (black dotted arrow) and black staining by precipitation of manganese oxide (black arrow). (For interpretation of the references to colour in this figure legend, the reader is referred to the Web version of this article.)

(rubefacted and partially carbonised). This is probably accidental, due to the location of the bone close to a hearth (Arribas Pastor and Berganza Gochi, 2018). It also has an evidence of trampling in form of isolated grooves and root etching.

Based on the wear of the preserved teeth, the age-at-death has been estimated between 25 and 40 years old (Table 3). This individual is probably a female, due to the gracility of the mandible, the fibula and the vertebrae.

Evidence of caries can be found on the distal cervical region of the M₁ and in the vestibular half of the occlusal side of M₂, which affects the enamel and the dentine. M₁ also has a loss of cementum and dentine on the distal side of the root. The three molars have small deposits of dental calculus and alveolar recession of between 3 and 6 mm relative to the cemento-enamel line around M₁ and M₂ and of less than 3 mm around M₃ (see Supplementary Table S2). Some of the vertebrae show osteophytes, to a lesser degree compared to individuals 5 and 6 (see

Supplementary Table S3), indicating the possible presence of osteoarthritis (White and Folkens, 2005).

A proportion of the remains of this individual were recovered during all three different excavation seasons, but the greatest amount was recovered in the most recent excavation. Three remains were recovered during the first period of excavation and another three remains during the second period. The latter have coherence with the spatial distribution and the depth of the bones recovered in the 80s and 90s (n = 18; Level IIB; Chalcolithic, Early Bronze Age). It is noteworthy that the vertebrae recovered in these two periods of excavation are consistent in size and age-at-death (as far as can be assessed from these elements) and perfectly articulate with each other.

Two samples from this individual were directly dated (Table 4), a fibula fragment to 4,780 ± 30 BP (3,640–3,518 cal BCE), and a vertebral fragment to 4,810 ± 35 BP (3,646–3,526 cal BCE). Both dates are highly consistent with one another and correspond to the Chalcolithic (Fig. 2).

Table 5
Taphonomic modifications of human skeletal remains from Lumentxa.

Individual	NISP	Modifications							
		Burned	Tooth Marks	Root	Trampling	Biochemical	MN	Cementation	Rodent
1	11				X	X	X		
2	2								
1–2	5					X	X		
3	6			X		X	X		
4	24	X	X	X	X	X	X	X	
5	110			X		X	X	X	
6	9							X	
7	3		X				X		
non-assigned	43		X			X	X	X	X

Modification									
NISP - (%) total - (%) no dental remains									
Burned	Tooth Marks	Root	Trampling	Biochemical	MN	Cementation	Rodent		
2-0.94-1.07	3-1.41-1.60	4-1.88-2.14	3-1.41-1.6	32-15.02-17.11	29-13.62-15.51	7-3.29-3.74	1/0.47/0.53		

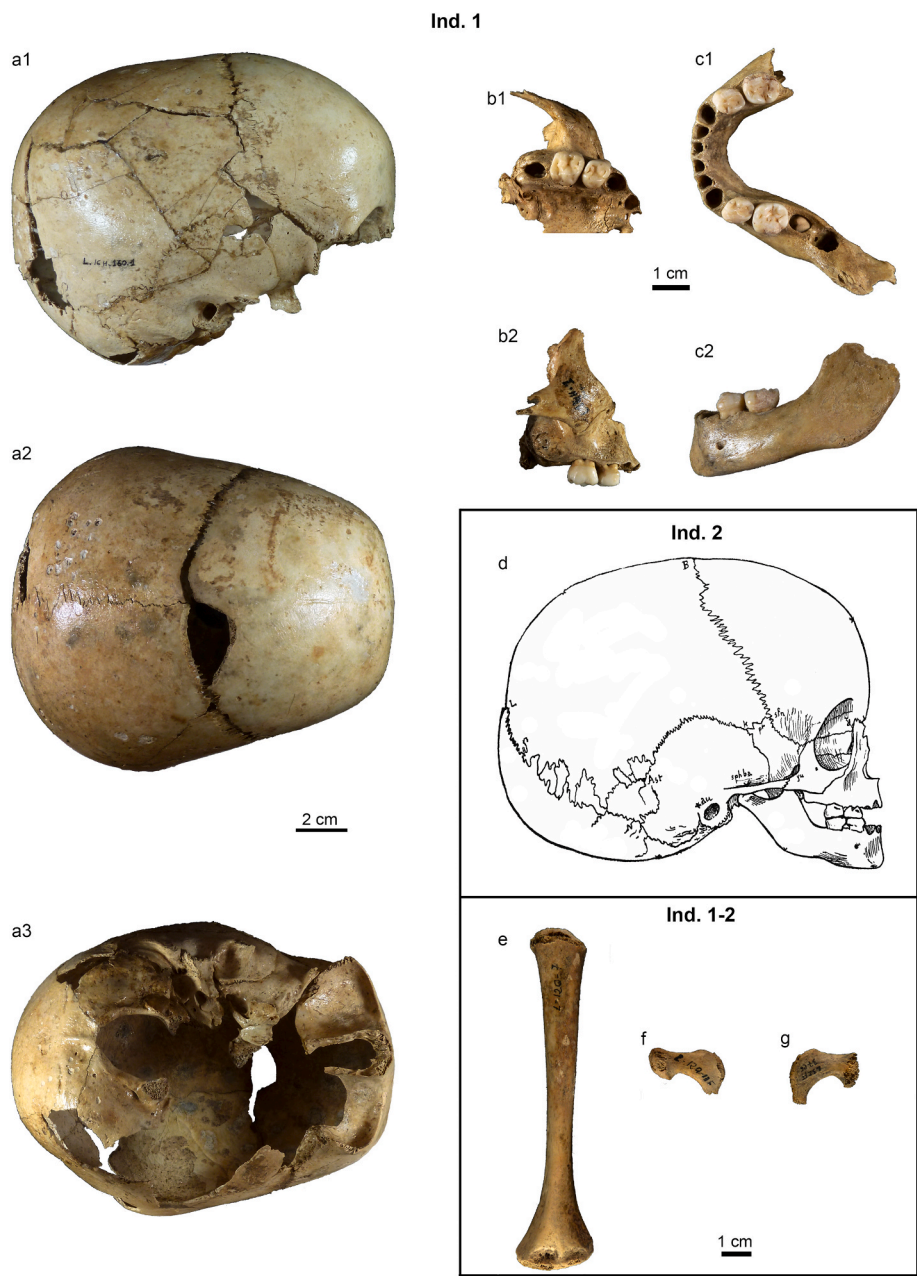


Fig. 4. Lateral (a1), superior (a2) and inferior (a3) views of the neurocranium (found in 1984 and directly dated-see Table 5), inferior (b1) and lateral (b2) views of the maxilla, and superior (c1) and lateral (c2) views of the mandible assigned to Individual 1. Lateral (d) view of the cranial remains of the Individual 2 (cranial drawing from Aranzadi, 1929), which show a similar age-at-death to Individual 1. The immature postcranial remains, a left humerus (e) and two pubis fragments (f,g) cannot be clearly attributed to any of these individuals.

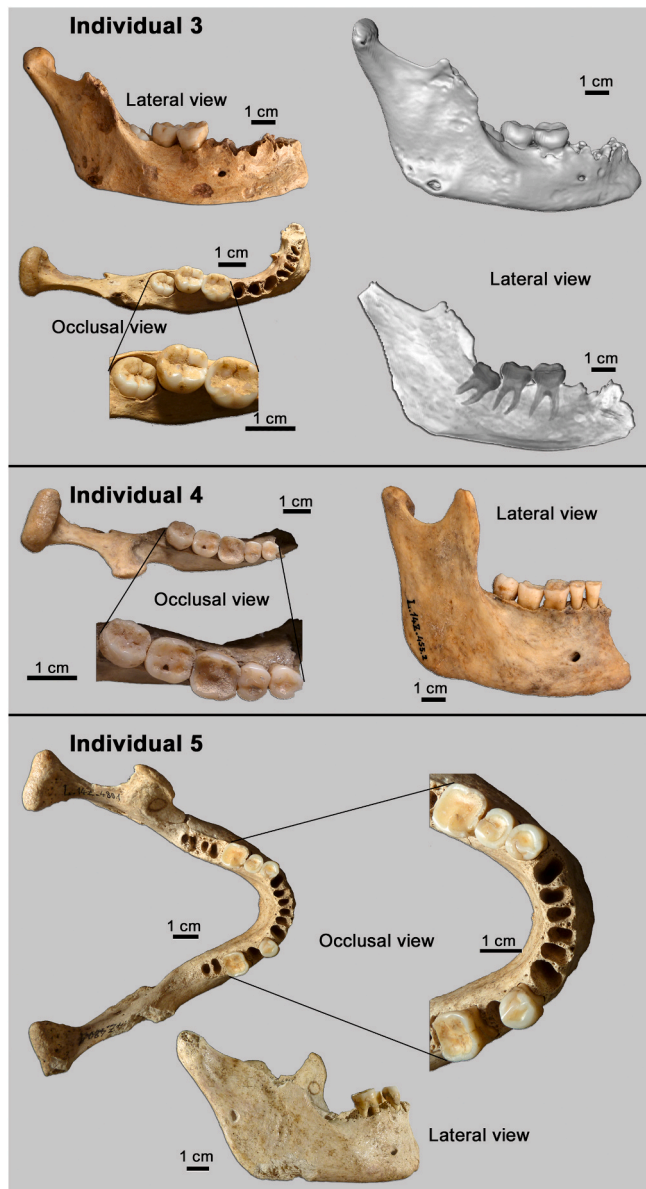


Fig. 5. Mandibles of Individuals 3, 4 and 5 from Lumentxa in occlusal and lateral views. The mandible of Individual 3 (label: L.14H.5) gives an estimated age-at-death of between 15 and 21 years old, based on the degree of dental wear and the complete root development of the M_3 wear (see text). Left: photographs. Right: 3D surface model (above) and radiograph (below) showing root development. The mandible of Individual 4 (label: L.14Z.455.2) belonged to an adult aged between 25 and 40 years old, based on dental wear (see text). Note the carious lesions in the cervical region of the M_1 and on the occlusal surface of the M_2 . The mandible of Individual 5 (label: L.14Z.480.1) belonged to an older adult with an estimated age-at-death of between 40 and 55 years old, based on dental wear.

5.1.4. Individual 5

The fifth individual is the best preserved and most complete from this collection, preserving 110 anatomical elements from all major anatomical regions (Tables 1 and 2). The long bones assigned to this individual (one humerus and one femur), were biomechanically analysed.

The remains do not show any remarkable taphonomic modifications. Fourteen remains present biochemical erosion to different degrees and extent, ranging from small scattered domes to areas that are completely altered. Additionally, another 14 bones have manganese deposits, in an arborescent form, scattered on the surface. Another three remains have

areas with carbonate encrustation and other two present root etching. Some bones have been refitted and it seems, based on the fracture shape (transversal, mixed and jagged) that the breaks are all post-depositional. A rib fragment (label: L.28F.253.34.L9) presents copper oxidation in the form of green staining on the lateral side (Table 5). The most common modifications are the erosions and slight loss of bone tissue from the articular surfaces of the long bones and vertebral bodies. All the fractures of the long bones have the characteristics of dry breakage, i.e. are post-mortem.

Based on the dental wear of both the maxilla and the mandible (Fig. 5), age-at-death was estimated at between 35 and over 55 years old, depending on the methodology used (Table 3). The projection of the mental eminence (Buikstra and Ubelaker, 1994) and the square shape of the chin (Bass, 2005) suggest that this was a male individual, with an estimated stature of 156.8 cm and an estimated body mass of 61.7 kg.

The high level of wear has allowed only the limited study of dental traits (Supplementary Table S2). There is no sign of any caries, but there are large deposits of dental calculus, mostly in the posterior inferior dentition. There is also severe alveolar reabsorption, which indicates the presence of periodontal disease. The radius shows evidence of a healed fracture of the radial head (Fig. 6). Most vertebrae (except C1 and C2; see Supplementary Table S4) present substantial osteophytic growth (Fig. 7) which suggests the presence of osteoarthritis (White and Folkens, 2005). The absence of marked asymmetries in the vertebrae suggests that this individual would not have scoliosis.

The human remains, not anatomically connected but in close proximity and with some superposition, were found between the squares 24 and 32 E, F and G in an area not exceeding 5 m², where the deposit had a thickness around 25 cm (Fig. 8). Most of the remains were found in level IIC, except for a few of them, which were found in the base of the level IIB.

This individual has been directly dated using a rib fragment to 5,105 ± 80 BP (4,157–3,657 cal BCE) (Table 4), corresponding to the Neolithic (Fig. 2).

5.1.5. Individual 6

Nine human remains (eight vertebrae and a fibula; Tables 1 and 2) were assigned to Individual 6. The vertebral remains present small erosions and slight tissue loss in the vertebral bodies: some cases are more pronounced than others, but all cases have a diagenetic origin. Two vertebrae (labels: L.10B.80bis and L.20G.227.18.L11) show partial and important carbonate precipitations respectively. One lumbar vertebra (label: L.14H.2.L6 + L.14H.3.L6) has a slight loss of tissue in the vertebral body, compatible with diagenetic erosion (Table 5). The fibula (label: L.10B.80) is missing the distal epiphysis and presents erosion with tissue loss in the proximal epiphysis, all due to diagenesis (Fig. 7).

As most of the vertebrae are broken, it has not been possible to record in detail the presence of lesions, and therefore, the paleopathological study of this individual is more limited. The presence of osteophytes can be observed in some of the vertebrae (Fig. 9, see Supplementary Table S5). As it was only possible to measure one vertebra, the presence of scoliosis could not be assessed.

During the first period of excavations, two human remains ascribed to this individual were recovered, including the fibula dated by Arias Cabal (2012b). The rest of the bones come from the third period of excavation, including the vertebra dated in this study. Based on the depth of the two remains recovered in Aranzadi and Barandiarán's excavation, they could be ascribed to the lower part of Level B (Azilian; Aranzadi et al., 1935). The remaining bones were recovered in squares not too far from where the other bones were found. Three of these bones come from the material gathering in the border of collapse from the first period of excavation, so that they do not have any original context. The other four remains were recovered at the base of the level IIC, where several dates were performed yielding similar results, which establish a short chronological interval for the Neolithic occupations with ceramic

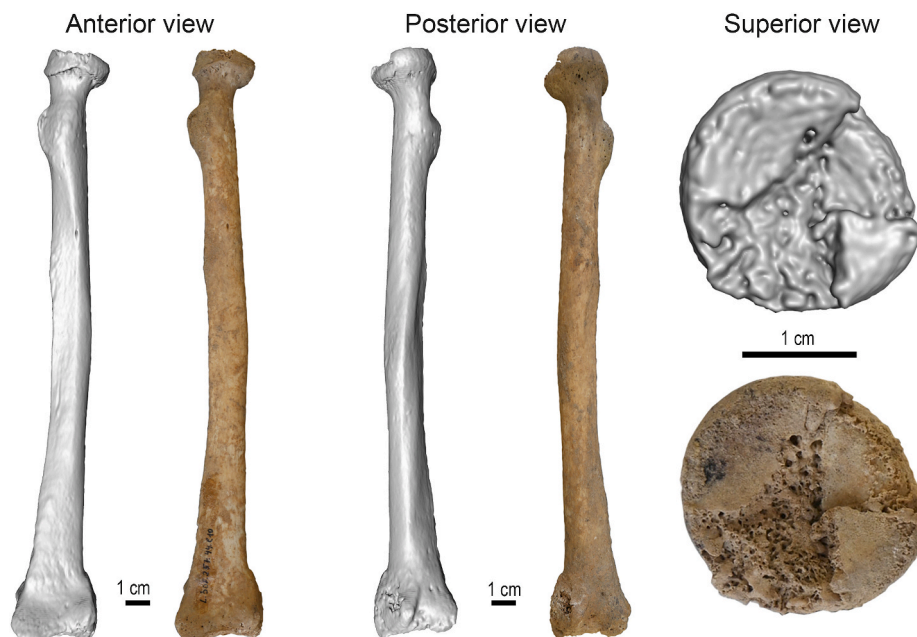


Fig. 6. Anterior, posterior and superior views of the radius (L.30F.257.44.L10) assigned to Individual 5, showing a healed fracture of the proximal epiphysis. The grey images are 3D surface models derived from CT scans, while colour images are photographs. (For interpretation of the references to colour in this figure legend, the reader is referred to the Web version of this article.)

technology and domestic cabins (Arribas Pastor and Berganza Gochi, 2018).

Two almost identical direct C14 dates were obtained from two different bones from two different excavation periods attributed to this individual (Table 4). One fragment of the fibula was previously dated by Arias Cabal (2012b), which yielded a date of $6,122 \pm 38$ years BP (4,952–4,726 cal BCE). The vertebra dated in this study supports the chronology previously obtained, as it has a chronology of $6,110 \pm 35$ BP (4,936–4,726 cal BCE). The dates are consistent with the Early Neolithic of the Cantabrian region (Arias Cabal, 2012b; Arias and Cubas, 2018).

5.1.6. Individual 7

This individual is represented by only three remains: two fragmentary humeri and the distal femoral epiphysis. The two humeral fragments are distal shaft fragments and present diagenetic fractures. The distal fracture of the L.30H.26.L5 humerus shows bite marks and tissue loss due to carnivore consumption (Fig. 3c). Between the two observed depressions, the one on the metaphysis has a width of 2.3 mm and a high degree of furrowing (Table 5). These two depressions are opposite, where one of them conserves the cortical tissue collapsed. There are some small depressions on the diaphysis, which are not measurable. The epiphysis has been lost probably due to a combination of furrowing and tissue loss because of diagenesis. No associated pitting or scoring can be observed. Both humeri present staining by manganese oxide, scattered and in an arborescent form on all the surface. The L.30J.9.L5 humerus shows some precipitation of a thin carbonate film and the loss of the distal epiphysis due to diagenesis.

It has an age-at-death between 8 and 16 years old, so that the individual would be a child or an adolescent. The three human bones were recovered close to one another in Level IIB. This is the same level as that in which Individual 4 was found, so these two individuals may be of the same cultural and temporal period.

5.1.7. Non-associated remains

There are 43 additional human remains that cannot currently be associated to any of the individuals.

The non-associated remains present few modifications. The most common is biochemical erosion, which affects 52% of the non-dental

remains. The erosion varies in its degree and intensity, from slight dissolution domes associated to with localised or scattered tissue loss on the surface of the remains, to large generalized attack with major modifications to the entire surface of the bones. Six remains present black manganese oxide staining, while one shows cementation. A rib fragment (label: L.14F.126.L6) has an area of gnawing caused by rodents. Another rib fragment (label: L.20G.212.1.L10) presents carnivore bite marks on the surface (Table 5).

Three specimens stand out for their anatomy or their spatial origin, and could correspond to additional individuals: an axis, a molar and a deciduous molar.

The complete axis (label: L.25C.300) corresponds to a subadult individual, with an age-at-death between 13 and 16 years old, as the epiphyseal ring is not fused. This bone has not been assigned to any individual; it was recovered in the stratigraphical context of the small gallery near the main hall with a Neolithic assignment (Barandiarán, 1966).

The isolated M_3 (label: L.22G.27.L8; Supplementary Fig. S2), cannot be attributed to any of the individuals preserving the dentition. This tooth was found in Level IIB, and it could be ascribed to the Chalcolithic-Bronze Age, although its morphology and large measurements make it look archaic and more similar to older groups.

In Level IIB, a deciduous second molar (label: L.28G.139.L7) has been recovered, indicating the possibility of the presence of a living population with at least one child using the cave.

5.2. Biomechanics

The humerus and femur of Individual 5 from Lumentxa were studied, and the results for each element are presented separately.

5.2.1. Humerus (Individual 5)

The standardised and non-standardised %CA and Z_p results for the biomechanical parameters of the humerus of Individual 5 are summarised in Table 6. The cross-sections at 35% and 50% of length are illustrated in Fig. 9. The results of the remaining standardised and non-standardised biomechanical parameters are summarised in Supplementary Tables S6 and S7. The database of comparative Upper

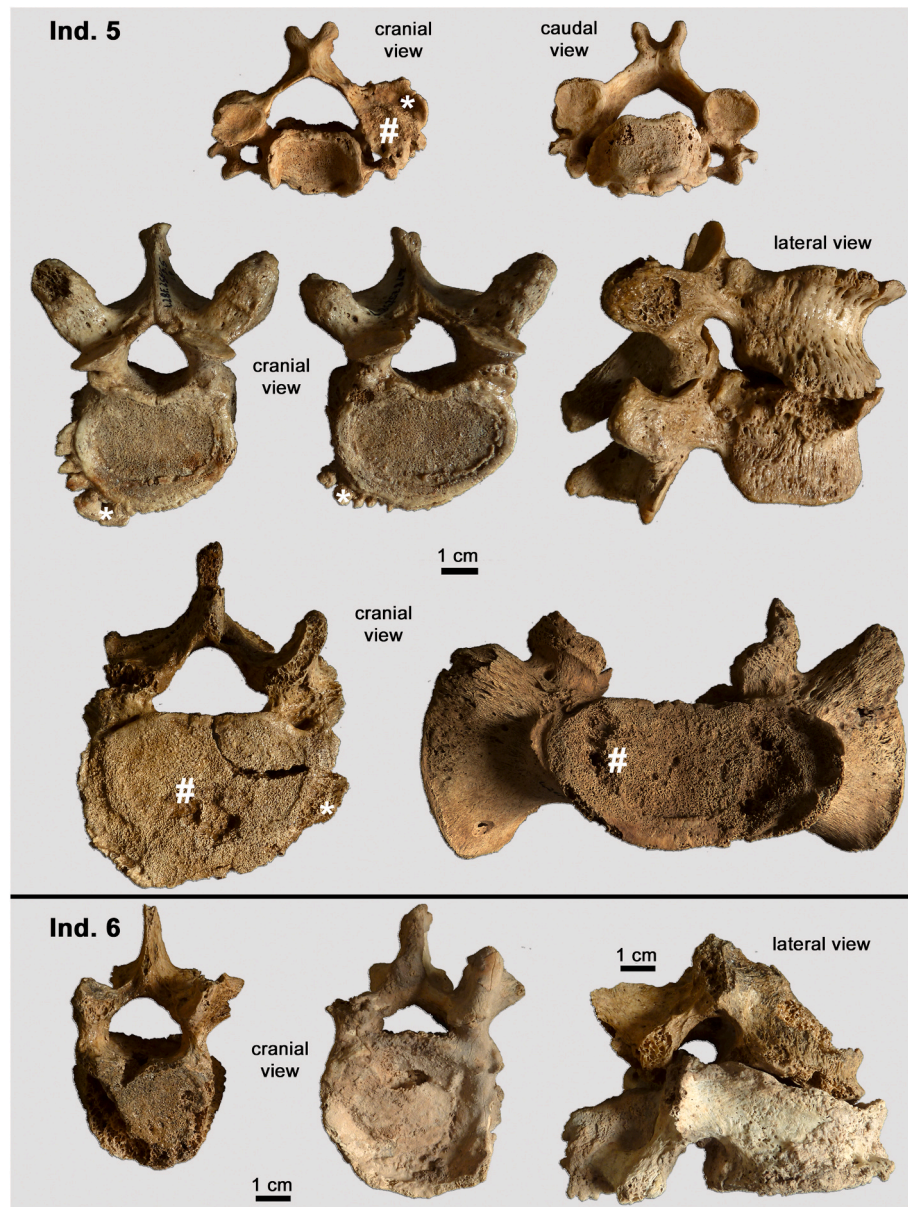


Fig. 7. Selected spinal anomalies from Individuals 5 and 6. Individual 5: selected cervical (top row), thoracic (middle row), lumbar vertebrae and sacrum (bottom row). * indicates osteophytes, while # indicates porosity. Individual 6: Cranial and lateral views of two pathological lumbar vertebrae whose vertebral bodies have collapsed, which probably resulted in postural problems in this individual. Note the presence of calcium carbonate crust adhering to the caudal-most vertebra.

Paleolithic, Mesolithic, Neolithic, Bronze Age, Iron Age/Roman Age, and early Medieval Age right male humeri is summarised in [Supplementary Table S10](#).

5.2.1.1. Relative cortical area (%CA). The cortical thickness (%CA) of the humerus is low compared with Upper Paleolithic samples from France and Italy and the Mesolithic sample from Iberian Peninsula ([Fig. 10](#)).

Individual 5 shows a similar value to the median of the Neolithic samples from France and Italy, but lower than the Bronze age samples from France, Italy, and the Iberian Peninsula. Finally, this individual falls above the median value of the Iron Age/Roman samples from France and Italy, but below that of the higher values of the early Medieval sample from the Iberian Peninsula.

5.2.1.2. Polar section modulus (Z_p). The pattern of similarity between Individual 5 and the comparative dataset is similar to that for %CA:

Individual 5 falls below the Upper Paleolithic and Mesolithic samples and is similar to the median of the Neolithic sample from France and Italy. Our Neolithic individual has a Z_p value that is lower than median for the Bronze Age sample from Iberian Peninsula, but higher than median for France and Italy. Furthermore, this individual falls between the medians of the Iron Age/Roman period sample from France and Italy and that of the Early Medieval sample from the Iberian Peninsula ([Fig. 10](#)).

5.2.2. Femur (Individual 5)

The %CA and Z_p parameters for the Individual 5 femur are summarised in [Table 6](#). Various cross-sections are illustrated in [Fig. 9](#). Further biomechanical parameters of the Individual 5 femur are summarised in [Supplementary Tables S8 and S9](#). The data for the Upper Palaeolithic, Mesolithic, Neolithic, Bronze Age, Iron Age/Roman Age and Early Medieval male comparative sample from the Iberian Peninsula and France and Italy are summarised in [Supplementary Table S11](#).



Fig. 8. Two views of the human remains (Individual 5) scattered mainly in squares 28F and 28G (spit 9) during the 1990 field season. The black lines indicate the humerus (label: L.28F.240.5.1.L9) found in the square 28F (Fig. 9), the femur (label: L.28G.253.5.9.L9) found in square 28G (Fig. 9) and their location on the cave. The red lines indicate the separation between the 1963–1964 excavation of Barandiarán and that directed by one of us (JLA). (For interpretation of the references to colour in this figure legend, the reader is referred to the Web version of this article.)

Table 6

Standardised and non-standardised cross-sectional geometric properties of the Lumentxa right male humerus (label: L.28F.240.5.1.L9) and left male femur (label: L.28G.253.5.9.L9).

Anatomical region	Side	Section level	%CA	Z _p (non-standardised)	Z _p (standardised)
Humerus	Right	35%	73.38	1519.86	588.09
Femur	Left	50%	74.49	3089.15	1195.31

Maximum length of the femur: 419 mm.

For variable definition see [Supplementary Table 1](#).

Polar section modulus (Z_p) is measured in mm³.

5.2.2.1. Relative cortical area (%CA). The Individual 5 femur shows a lower value than both Upper Paleolithic and Mesolithic sample median from France and Italy, but more similar to the Mesolithic sample from Iberian Peninsula and close to the median of the Neolithic sample from France and Italy. Moreover, Individual 5 has a lower %CA value than the median of both Bronze Age samples from France and Italy, and the Iberian Peninsula, as well as the individual of Atxuri I (Fig. 10; García-Sagastibelza et al., n.d.). Individual 5 is close to the median of the Iron Age/Roman Age sample from France and Italy and the medieval sample from Jau-Dignac-et-Loirac.

5.2.2.2. Polar section modulus (Z_p). The results for the polar section modulus of the femur of Individual 5 parallel those for humerus in general terms: Individual 5 has a lower value than the medians of the Upper Paleolithic and Mesolithic samples from France and Italy but a higher value the values for the Mesolithic sample from the Iberian Peninsula (Fig. 10).

Compared with the Neolithic sample from France and Italy, our individual shows a value slightly above the median. In the case of the Bronze Age period, our individual shows a value between the medians of the samples from the Iberian Peninsula and from France and Italy, and a bit higher than the individual of Atxuri I (García-Sagastibelza et al., this volume). Individual 5 is within the (large) variation of the Iron

Age/Roman Age sample from France and Italy, though above its median and below the medians of Jau-Dignac-et-Loirac and our other early Medieval sample from the Iberian Peninsula.

In summary, from all the available comparative data, the biomechanical properties of the humerus and femur of Individual 5 from Lumentxa show greatest overall similarity to the Neolithic sample from France and Italy. We have also detected differences between the Iberian Peninsula and France and Italy in the Mesolithic and the Bronze age samples that require further research.

6. Discussion

6.1. Skeletal bias, taphonomy and funerary practices

The present study has determined the presence of a minimum of seven individuals in the Lumentxa human collection, one more than reported in previous studies (García-Sagastibelza et al., 2018, 2019). One of the individuals is not present in the collection (Aranzadi, 1929), and only six individuals have been studied. These individuals were recovered in different excavations with different methodologies and there is marked variation in their completeness. Part of the bias in the skeletal representation could be due to the fact that some of the material was not excavated to modern standards, and there is evidence of recovery bias in other excavations performed by J.M. Barandiarán (Gómez-Olivencia et al., 2018b).

Another limitation is that the human remains come from different layers with different chronologies. As all of them were deposited in cave, slight differences in funerary behaviour could have conditioned the subsequent taphonomic modifications.

In any case, when taken together, the preservation of remains with low mineral density (e.g. vertebrae, epiphyses of the long bones and subadult remains) does not indicate that differential susceptibility to taphonomic destruction caused that bias. Calculating the survival rate (Brain, 1981), it can be seen that the loss of remains is more pronounced in carpals, metacarpals, tarsals, metatarsals and phalanges (see [Supplementary Fig. S3](#)), possibly caused by a combination of several factors.

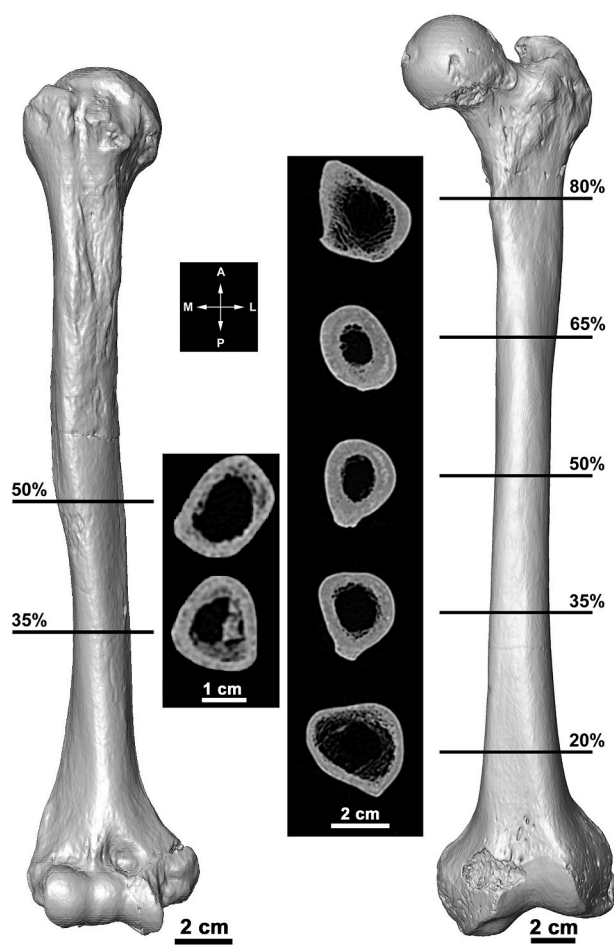


Fig. 9. Anterior view of the 3D surface model of the humerus (label: L.28F.240.5.1.L9) and the femur (label: L.28G.253.5.9.L9) of the Individual 5 from Lumentxa showing the 35% and 50% sections of the humerus and the 20%, 35%, 50%, 65% and 80% sections of the femur.

The action of carnivores, clearly observed in individuals 4, 7 and in non-assigned bones, could be another possible cause of the bias. The access of these animals to the buried or deposited remains is not unusual and could also produce the scattering of bones across larger areas (Kerluke et al., 1972; Brain, 1981; Horwitz and Smith, 1987).

The taphonomic modifications are the typical ones found in the post-abandonment phases in sepulchral contexts in caves. There is no evidence of perimortem cut-marks or fractures: all fractures were on dry bone and there is evidence that remains were modified by trampling, postdepositional processes and the process of excavation and storing of the remains. Most of the modifications, such as biochemical erosion and the bite marks (from carnivores and rodents) are processes that produce attrition and loss of remains (Horwitz and Smith, 1987; Larsson, 2003). These modifications are relatively homogeneous across the various individuals. This points out a relatively stability of the depositional environment where there is humidity and presence of decomposing organic matter, indicated by a high percentage of manganese staining (Marín-Arroyo et al., 2008) and biochemical attack (Domínguez-Rodrigo and Barba, 2006).

Bias can also be produced by the emptying of the collective burials (which would not be this case; Chambon, 2003; Larsson, 2003; Scarre, 2007), the possible alteration derived from the use of the cave for occupation (Arribas Pastor, 1993; Arribas Pastor and Berganza Gochi, 2018), and prehistoric, historic or contemporary plundering (Chambon, 2003).

The bone remains of the individuals recovered during the last

excavation phase were found scattered without any clear anatomical connection. Additionally, some of the individuals show the presence of carnivore chewing. This would be consistent with some of the individuals (e.g., 4 and 5) having been deposited directly on the surface within the cave, without any (or just a slight) covering as has been proposed for other individuals (Arias Cabal, 2012b; Cubas et al., 2016). For other individuals, the incompleteness of the remains and lack of precise contextual information precludes any further discussion.

The presence of palaeontological and archaeological materials (animal bones, pottery, worked bone, etc.) indicates that the site was also used for occupation from the Palaeolithic until the Bronze Age (Arribas Pastor, 1993; Arribas Pastor and Berganza Gochi, 2018). Therefore, this could indicate that the cave's main use was habitational and that occasionally it was used for burial purposes (Arribas Pastor and Berganza Gochi, 2018). Moreover, the users of the cave may have removed and/or displaced sediment from the cave which may have also caused disturbance of the stratigraphy.

6.2. Chronological context

The direct dating of six human remains has helped in reconstructing the chronology of the inhumations at the site. Four different periods of funerary use were identified, spanning 3,000 years from the Early Neolithic (Arias and Cubas, 2018) until the Bronze Age. This indicates a prolonged use of the cave for funerary purposes. One of our dates overlaps with the date reported by Arias Cabal (2012b), reinforcing the validity of both dates which were likely performed on the remains of a single individual.

In the region, we have evidence of diachronic and synchronic burial practices in caves during the recent prehistory (García-Sagastibelza et al., this volume; and references therein). Lumentxa is one of the better-dated sites, as four of the seven individuals identified have a chronology ascribed (Table 4). Some other sites in the Basque Country also have a more secure chronology. The best-dated funerary context in the region is that from Santimamiñe, where all the identified human individuals ($n = 9$) have a direct date. Similarly, at other sites like Arlanpe, Covachón III, Kobaederra, Punta Lucero II or J3; small numbers of individuals have been recovered and all of them have been dated. In contrast, there are some sites such as Pico Ramos, Lacilla II, Urratxa III, Iruaxpe I or Abautz, where there are a small number of direct dates for the high number of recovered individuals (García-Sagastibelza et al., this volume; and references therein).

Additionally, the direct dating of some individuals from Lumentxa also allows us to establish some chronological parallels. Lumentxa is one of the few sites that show a long and repetitive funerary use in the region, showing similarities in its use with sites such as Santimamiñe, Marizulo or Aizpea. Individual 6 from Lumentxa is, together with one of the individuals recovered from Santimamiñe (Herrasti and Etxeberria, 2011; López Quintana and Guenaga Lizasu, 2011; López Quintana et al., 2015) the only burial from the 6th millennium cal BCE in Biscay. Individual 5 is Neolithic in date, but there is no other site with dated human remains from this period in Biscay. Even so, several sites in nearby regions like Marizulo (Gipuzkoa) (Altuna et al., 1995; Cava, 1978; Laborde et al., 1967) and Aizpea (Navarre) (Barandiarán and Cava, 2001) have individuals dated to the same period, although their dates are slightly earlier. Individual 4 from our sample, ascribed to the Chalcolithic period, is broadly contemporary with diverse sites such as Covachón III (Gómez-Olivencia et al., 2015), Lacilla II (Gil Abad and Llamosas Rubio, 2016–2017), Pico Ramos (Zapata, 1995), Txotxinkoba (García-Sagastibelza et al., this volume) and Punta Lucero II (Gómez-Olivencia et al., 2015) in Biscay province. Furthermore, there are additional sites like Aintzulo (Altuna and Mariezkurrena, 2013), Iruaxpe I (Armendariz et al., 1987), Marizulo (Altuna et al., 1995; Cava, 1978; Laborde et al., 1967) and Urtao II (Armendariz, 1989; Etxeberria, 1989) in the province of Gipuzkoa and Abautz (Utrilla et al., 2015) and Aizpea (Barandiarán and Cava, 2001) in Navarre that have individuals of a comparable date.

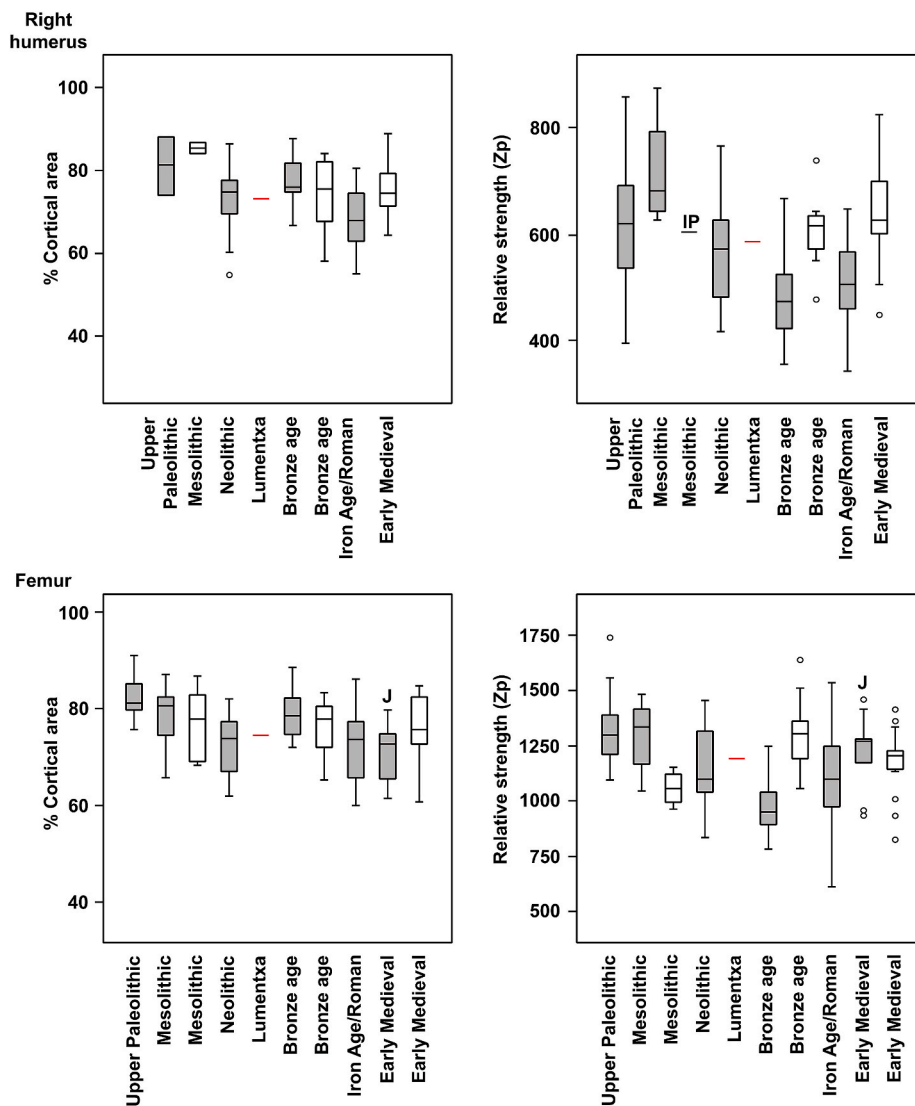


Fig. 10. Percentage cortical area and relative strength of the Individual 5 humerus (35% section) and femur (mid-shaft) compared to a temporal series from Western Europe. Open boxes: Iberian Peninsula (Ruff and Garvin, 2018); grey boxes: France and Italy (Holt et al., 2018b). IP (single data point from the Iberian Peninsula; Ruff and Garvin, 2018). J = 7th-8th century Early Medieval sample from the Jau-Dignac-et-Loirac (this study). The early Medieval sample from the Iberian Peninsula is from Santa María de Hito (Ruff and Garvin, 2018).

Finally, Individual 1 is so far the only individual from the site dating to the Bronze Age. In the province of Biscay there are several sites with individuals of the same period, including Atxuri I (García-Sagastibelza et al., this volume), Arlanpe (Gómez-Olivencia, 2013; Rios-Garaizar et al., 2013), Santimamiñe (Herrasti and Etxeberria, 2011; López Quintana and Guenaga Lizasu, 2011; López Quintana et al., 2015) and Urratxa III (Muñoz Salvatierra and Berganza, 1997; de la Rúa et al., 1997). Urtiaga (Altuna and de la Rúa, 1989), Nardakoste IV (Armenariz et al., 1998) or Langatxo (Zumalabe, 1993) in the province of Gipuzkoa and Padre Areso (Begiristain, 1997) in the province of Navarra have also yielded Bronze age human remains. Nonetheless, none of these other sites show a chronology spanning the Early Neolithic to the Bronze Age like Lumentxa, making it an exception on the region, both for the quantity of dates and the chronological span they represent.

6.3. Paleobiology of the Lumentxa dwellers

The paleobiological information on the humans from Lumentxa is quite limited, as the number of individuals is quite small, and there is variation in skeletal representation and chronology, which demands all the individuals are treated separately. Individuals of different ages at death and, both sexes are represented in the collection (Ontañón and Armendariz, 2005; Arias Cabal, 2012b). This pattern is consistent with the profiles reported previously for different caves with extended

periods of funerary use, where a moderate number of individuals from all ages and both sexes were usually deposited (e.g. Armendariz and Etxeberria, 1983; Herrasti and Etxeberria, 2011; García-Sagastibelza et al., this volume).

Changes in stature has been regarded as a proxy for health/stress differences between population (Ruff and Garvin, 2018). The Neolithic Individual 5 (156.8 cm) is shorter than the mean obtained from the site of San Juan Ante Portam Latinam (SJAPL), from the same period (163.7 ± 6.21 cm; this study). The comparison with individuals from various sites around the Iberian Peninsula of the same approximate chronology are consistent with this observation, as Individual 5 is shorter than the individual of unknown sex from Caño Bajo (Córdoba; Varela Pérez, 2013) or the male from Cerro Ortega (Ciudad Real; Feucht et al., 1999) (see Supplementary Table S12). Ruff and Garvin (2018) found an increase of stature from the Mesolithic to the Bronze Age in the Iberian Peninsula. In fact, the SJAPL population would indicate that the increase of stature occurred earlier, and the Lumentxa Individual 5 would represent a short individual within the range of Neolithic variation of the North of the Iberian Peninsula.

In the Iberian Peninsula, body mass (BM) increases from the Mesolithic to the Bronze Age in parallel with stature (Ruff and Garvin, 2018). The BM of the Individual 5 from Lumentxa (61.7 kg) is similar to estimates for the Bronze Age male samples from the Iberian Peninsula (Ruff and Garvin, 2018; Supplementary Table S12).

Unfortunately, there is still a dearth of data for both stature and BM in Holocene prehistoric populations, and more data is needed in order to observe to a finer detail chronological and geographical trends within the Iberian Peninsula.

The comparison and interpretation of the biomechanical data from Individual 5 should be treated with caution, given that we have results from a single individual. Nonetheless, for the humerus, %CA is more similar to the Bronze Age male median than to that of Mesolithic males from the Iberian Peninsula (Ruff and Garvin, 2018), which could be consistent with a different pattern of the arm use between the last hunter-gatherers and the first productive societies. The greater similarity of Individual 5 to the Neolithic male samples from France and Italy than to the Bronze Age male sample could also be consistent with changes in behaviour between these periods. While the polar section modulus (Z_p) is lower than both Mesolithic and Bronze Age male means from the Iberian Peninsula, it is within the range of values for comparative samples and little interpretation can be offered based on this single individual. Relative to the comparative data from France and Italy, the Lumentxa result suggests that this individual could have been stronger than the average Neolithic and Bronze Age males in our samples, but not as strong as the average Mesolithic male from our sample, potentially consistent with a difference in strength between last hunter-gatherers and first food producing societies. As there is only one humerus, it is not possible to study the sexual dimorphism or the bilateral asymmetry for this population.

The femur of the Neolithic Individual 5 show a more similar pattern of cross-sectional geometry to the Atxuri I individual (García-Sagastibelza et al., n.d.), which dates to the Bronze Age. Whether this similarity between these two individuals, which are 2000 years apart in date is influenced by the orography of the Basque Atlantic area is a question for future investigation. Comparison with additional contemporaneous samples from adjacent flatter areas such as the Ebro valley or the Northern Iberian plateau will help to clarify this issue, since the nature of terrain influences lower limb skeletal robusticity (Marchi et al., 2006).

The medieval sample from Jau-Dignac-et-Loirac possibly belonged to the aristocracy (Cartron and Castex, 2006; Holt et al., 2018b), and therefore these individuals may have had a particularly sedentary lifestyle and better diet compared to the average medieval population. Moreover, it has been seen that the value of the individual of Lumentxa is slightly lower than Mesolithic and Bronze Age male sample means (Ruff and Garvin, 2018), perhaps indicating that Basque samples are less mobile than in the rest of the Iberian Peninsula, although this interpretation is speculative without further data. In contrast, compared with samples from France and Italy Lumentxa is more similar to the Neolithic sample mean, but below the Mesolithic and Bronze Age sample means. This might suggest similarities in mobility between Neolithic samples from nearby areas, but also that Neolithic people were, on average, less mobile than previous and later populations.

As Lumentxa falls between Mesolithic and Bronze Age male means from the Iberian Peninsula for the section modulus (Z_p), this could be consistent with a trend towards increasing femoral robusticity during this time. Even if the Atxuri I femur is dated to Bronze Age, its value (1092.98 mm^3) is lower than of Lumentxa, perhaps suggesting the former individual could belong to a female, though any such interpretation is necessarily speculative (García-Sagastibelza et al., this volume). The higher value of Lumentxa compared to Neolithic and Bronze Age male means from France and Italy show that this individual is stronger than the average individual from food-producing societies from nearby countries.

7. Conclusions

The classic site of Lumentxa, with evidence of occupations during the Late Pleistocene (Upper Paleolithic) and Holocene (Early Neolithic-Roman age) has yielded human remains belonging to a minimum of 7

individuals of different ages at death, both sexes, and a chronological span from the early Neolithic to the Bronze Age. One of these individuals, described at the beginning of the 20th century is not currently in the Museum collection, and it is lost. Although all anatomical regions are represented, there is a bias in the skeletal representation of the bones, especially in the lack of carpal and tarsal bones, metacarpals, metatarsals and phalanges. This bias is likely the result of both older excavation methods and carnivore action, among other factors. The general pattern of taphonomic modifications is that typical of such sepulchral contexts. These are relatively homogeneous among the different individuals, implying that similar taphonomic or cultural factors could have caused the scattering and disappearance of the remains.

The direct dates obtained in this study confirm the long-term funerary use of the cave, spanning the Early Neolithic until the Bronze Age. The presence of archaeological materials also indicates the occupational use of the cave between the Palaeolithic and Bronze Age. The main use of the cave appears to have been habitational, with occasional sepulchral use, in contrast to other caves in the region (e.g., Lacilla II or Pico Ramos) that show the presence of a large number of individuals and that can be defined as exclusively sepulchral caves.

The femur of Individual 5 from Lumentxa shows affinities and probably a similar mobility pattern compared with the Neolithic samples from France and Italy. The humerus, on the other hand, shows lower robusticity, implying that the manual activities performed by this individual were not as demanding as those of the average UP male and comparative samples from the Iberian Peninsula, though it falls within their range of variation. Furthermore, compared with samples from nearby area, humeral robusticity for Lumentxa would be as great as the average man in a Neolithic population and stronger than the average member of early food-producing societies. This is the first time that a biomechanical study has been done in the Iberian Peninsula for a Neolithic individual. More biomechanical studies are necessary in order to understand mobility and activity patterns during recent prehistory and their potential change through time, but the data from Lumentxa Individual 5 represent an important start in beginning to study such trends. Biomechanical evidence could complement other data, such as those obtained from isotopic and genetic analyses, in order to further understand the paleobiology of recent prehistoric populations from the Western Pyrenees.

Declaration of competing interest

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

Acknowledgments

We want to thank to all people involved in the excavations at Lumentxa, funded by the Biscay Regional Council. Moreover, we thank to the Arkeologi Museoa, its director Iñaki Camino and the technicians for the permission and assistance with access to the Lumentxa human remains. Thanks also to D. Garate and P. Castaños, for providing us with useful information about the site of Lumentxa. We are also thankful to I. Lecumberri and his group (Hospital IMQ Zorrozaurre) for the CT-scans. This study was supported by the Research Group IT1418-19 (Eusko Jaurilaritza-Gobierno Vasco), and by the Spanish Ministerio de Ciencia e Innovación (project PGC2018-093925-B-C33; HAR2015-67323-C2-1-P; MCI/AEI/FEDER, UE). A.G.-S. is funded by a joint predoctoral funding from the University of Basque Country and the Université de Bordeaux. A.G.-O. is funded by a Ramón y Cajal fellowship (RYC-2017-22558). A. R-H. is funded by Juan de la Cierva fellowship (JJC-2018-037447-I). D. L.-O. is supported by a Basque Government postdoctoral fellowship (POS_2019_1_0024). We thank the AE and the reviewers for useful comments that have improved this work.

Appendix A. Supplementary data

Supplementary data to this article can be found online at <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2020.06.043>.

References

- AlQahtani, S.J., Hector, M.P., Liversidge, H.M., 2010. Brief communication: the London atlas of human tooth development and eruption. *Am. J. Phys. Anthropol.* vol. 142, 481–490.
- Altuna, J., de la Rúa, C., 1989. Dataciones absolutas de los cráneos del yacimiento prehistórico de Urtiaga. *Munibe (Antropología-Arkeología)*, vol. 41, pp. 23–28.
- Altuna, J., Mariezkurrena, K., 2013. Cráneos de pantera en Allekoaitze (Ataun) y Aintzulo (Errezil) (Guipúzcoa). *Kobie* 32, 29–37.
- Altuna, J., Armendariz, A., Etxeberria, F., Mariezkurrena, K., Peñalver, X., Zumalabe, F. J., 1995. *Gipuzkoa. Carta Arqueológica. II. Cuevas. Munibe Supl. 10. Sociedad de Ciencias Aranzadi.*
- Álvarez Fernández, E., Arrizabalaga Valbuena, Á., Iriarte Chiapusso, M.J., 2010. El Abrigo de J3 (Hondarribia, Guipúzcoa): consideraciones de tipo metodológico y primeros resultados sobre los recursos marinos de un conchero de época mesolítica. *Férvedes: Revista de investigación*, pp. 17–24.
- Aranzadi, T., 1929. Restos humanos de las cavernas de Santimamiñe (Cortezubi), Arezti (Ereño) y Lumentxa (Lequeitio) en Vizcaya. Duodécimo Congreso de la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias. In: *Huelves y Compañía*, Madrid, pp. 71–98.
- Aranzadi, T.d., Barandiarán, J.M.d., Eguren, E.d., 1935. Exploraciones de la caverna de Santimamiñe (Basondo: Cortezubi). Tercera memoria, yacimientos Azilienses y paleolíticos. Exploraciones de la caverna de Lumentxa (Lequeitio). *Excma. Diputación de Vizcaya*, Bilbao.
- Arias, P., Cubas, M., 2018. Muerte y ritual en el Neolítico del noroeste ibérico: el megalitismo y otras manifestaciones del comportamiento funerario de las sociedades de los milenios V y IV aC en la región cantábrica y Galicia. In: *Senna-Martínez, J.C., Diniz, M., Carvalho, A.F. (Eds.), De Gibraltar aos Pirenéus-Megalitismo, Vida e Morte na Fachada Atlântica Peninsular. Fundação Lapa do Lobo, Nelas*, pp. 133–154.
- Arias Cabal, P., 2012a. Funerary practices in Cantabrian Spain (9000–3000 cal BC). *Funerary practices in the Iberian Peninsula from the Mesolithic to the Chalcolithic. BAR Int. Ser. 2417*, 7–20.
- Arias Cabal, P., 2012b. Después de Los Azules. Las prácticas funerarias en las sociedades mesolíticas de la región cantábrica. In: *Muñiz Álvarez, J.R. (Ed.), Ad Orientem: del final del Paleolítico en el Norte de España a las primeras civilizaciones del Oriente Próximo: estudios en homenaje a Juan Antonio Fernández-Tresguerras Velasco. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Oviedo, Pola de Siero, Asturias: Ménsula*, pp. 253–274. Oviedo.
- Arias Cabal, P., Armendariz Gutiérrez, A., Teira Mayolini, L.C., 2005. El fenómeno megalítico en la región Cantábrica. Estado de la cuestión. In: *Ontañón Peredo, R., García-Moncó Piñero, C., Arias Cabal, P. (Eds.), Actas del III Congreso del Neolítico en la Península Ibérica. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cantabria*, pp. 751–759. Santander.
- Armendariz, A., 1989. Excavación de la cueva sepulcral Urtao II (Oñati, Guipúzcoa). *Munibe* 41, 45–86.
- Armendariz, A., 1990. Las cuevas sepulcrales en el País Vasco. *Munibe* 42, 153–160.
- Armendariz, A., 1992. La idea de la muerte y los rituales funerarios durante la Prehistoria del País Vasco. *Munibe Supl.* 8, 13–32.
- Armendariz, A., 1999. La muerte antes de la historia: ritos y prácticas funerarias en épocas prehistóricas. In: *La humanidad primitiva. El Campo de las Ciencias y las Artes 136. Banco Bilbao Bizkaia Argentario*, pp. 10–28.
- Armendariz, A., Etxeberria, F., 1983. Las cuevas sepulcrales de la Edad del Bronce en Guipúzcoa. *Munibe* 35, pp. 247–354.
- Armendariz, A., Etxeberria, F., 1995. Revisión del fenómeno funerario en las cuevas sepulcrales del País Vasco. In: *Bertranpetit, J., Vives, E. (Eds.), Muntayes i Població. El passat dels Pirineus des d'una perspectiva multidisciplinària. Centre de Trobada de les Cultures Pirinenques. Govern d'Andorra, Andorra*, pp. 75–83.
- Armendariz, A., Etxeberria, F., Herrasti, L., 1998. Excavación de la cueva sepulcral Nardakoste IV (Oñati, Guipúzcoa). *Munibe (Antropología-Arkeología)*, pp. 111–120.
- Armendariz, A., Etxeberria, F., Herrasti, L., Mugica, J.A., Zumalabe, F., 1987. Excavación de la cueva sepulcral Iruaxpe I (Aretxabaleta, Guipúzcoa). *Munibe* 39, 67–92.
- Arribas Pastor, J.L., 1993. Cueva de Lumentxa (Lekeitio): VIII Campaña de excavaciones. *Investigación arqueológica*, pp. 105–107. Arkeoikuska.
- Arribas Pastor, J.L., 1997. Materiales de época romana de la Cueva de Lumentxa (Lekeitio, Bizkaia). *Isturitz: Cuadernos de prehistoria - arqueología* 643–656.
- Arribas Pastor, J.L., Berganza Gochi, E., 2018. Excavaciones en la cueva de Lumentxa (Lekeitio, Bizkaia) Campañas de 1984 a 1993. *Kobie* 36, 1–26.
- Arrizabalaga, A., Rios-Garaizar, J., 2012. The first human occupation of the Basque Crossroads. *J. World PreHistory* 25, 157–181.
- Auerbach, B.M., Ruff, C.B., 2004. Human body mass estimation: a comparison of “morphometric” and “mechanical” methods. *Am. J. Phys. Anthropol.* 125, 331–342.
- Auerbach, B.M., Ruff, C.B., 2006. Limb bone bilateral asymmetry: variability and commonality among modern humans. *J. Hum. Evol.* 50, 203–218.
- Barandiarán, J.M., 1966. Excavaciones en Lumentxa (Campaña 1964). *Noticiario Arqueológico Hispánico* 8/9, 24–32.
- Barandiarán, I., Cava, A., 2001. Cazadores-Recolectores en el Pirineo navarro. El sitio de Aizpea entre 8000 y el 6000 años antes de ahora. *Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea, Vitoria-Gasteiz*.
- Barandiarán Maestu, I., 1967. El Paleomesolítico del Pirineo Occidental: Bases para una sistematización del Material Óseo Paleolítico. *Monografías Arqueológicas*, vol. 3. Zaragoza.
- Baraybar, J.P., De la Rúa, C., 1995. Estudio antropológico de la población de Pico Ramos (Muskiz, Bizkaia). Consideraciones sobre la demografía, salud y subsistencia. *Munibe* 47, 151–175.
- Bass, W., 2005. *Human Osteology: A Laboratory and Field Manual*, fifth ed. Missouri Archeological Society, Columbia.
- Begiristain, M.A., 1997. Nuevas dataciones para la prehistoria de Navarra, vol. 5. *Cuadernos de Arqueología Universidad de Navarra*, pp. 31–40.
- Behrensmeier, A., 1975. Taphonomy and paleoecology in the hominid fossil record. *Yearbk. Phys. Anthropol.* 19, 36–50.
- Binford, L.R., 2014. *Bones: Ancient Men and Modern Myths*. Academic press, London.
- Brain, C.K., 1981. *The Hunters or the Hunted?: an Introduction to African Cave Taphonomy*. University of Chicago Press, Chicago, London.
- Bronk Ramsey, C., 1998. Probability and dating. *Radiocarbon* 40, 461–474.
- Bronk Ramsey, C., 2009. Bayesian analysis of radiocarbon dates. *Radiocarbon* 51, 337–360.
- Brothwell, D.R., 1981. *Digging up Bones: the Excavation, Treatment, and Study of Human Skeletal Remains*, third ed. Cornell University Press, Ithaca.
- Buikstra, J.E., Ubelaker, D.H., 1994. Standards for data collection from human skeletal remains. In: *Arkansas Archaeological Survey Research Series*, vol. 44. Fayetteville.
- Bunn, H.T., 1983. Comparative analysis of modern bone assemblages from a San hunter-gatherer camp in the Kalahari Desert, Botsuana, and from a spotted hyena den near Nairobi, Kenya. In: *Clutton-Brock, J., Grigson, C. (Eds.), Animal and Archaeology. 1. Hunters and Their Prey*, vol. 163. *British Archaeological Reports, International Series*, Oxford, pp. 143–148.
- Cáceres, I., Lozano, M., Saladié, P., 2007. Evidence for bronze age cannibalism in el Mirador cave (Sierra de Atapuerca, Burgos, Spain). *Am. J. Phys. Anthropol.* 133, 899–917.
- Cartron, I., Castex, D., 2006. L'occupation d'un ancien îlot de l'estuaire de la Gironde: du temple antique à la chapelle Saint-Siméon (Jau-Dignac et Loirac). *Aquitania: Rev. Interrég. Archéol.* 22, 253–282.
- Cartron, I., Castex, D., 2010. Du temple antique à la chapelle Saint-Siméon. L'occupation d'un îlot du rivage de l'estuaire de la Gironde, Rapport final d'opération, vol. 2. *Service Régional de l'Archéologie d'Aquitaine*, Bordeaux.
- Castaños, P., 1986. *Atxuri. Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea*, Leioa, pp. 115–117.
- Cava, A., 1978. El depósito arqueológico de la cueva de Marizulo (Guipúzcoa). *Munibe* 30, 155–172.
- Chambon, P., 2003. Les morts dans les sépultures collectives néolithiques en France: du cadavre aux restes ultimes. *Editions du CNRS*, Paris.
- Cox, S.L., Ruff, C.B., Maier, R.M., Mathieson, I., 2019. Genetic contributions to variation in human stature in prehistoric Europe. *Proc. Natl. Acad. Sci. Unit. States Am.* 116, 21484–21492.
- Crétot, M., 1978. In: *Prélat, J. (Ed.), L'arcade Dentaire Humaine: Morphologie. Editions CdP*, Paris.
- Cubas, M., Altuna, J., Alvarez-Fernández, E., Armendariz, A., Fano, M.A., López-Dóriga, I.L., Mariezkurrena, K., Tapia, J., Teira, L.C., Arias, P., 2016. Re-evaluating the Neolithic: the impact and the consolidation of farming practices in the Cantabrian region (northern Spain). *J. World PreHistory* 29, 79–116.
- Davies, T.G., Stock, J.T., 2014. The influence of relative body breadth on the diaphyseal morphology of the human lower limb. *Am. J. Hum. Biol.* 26, 822–835.
- Dawson, J.E., Trinkaus, E., 1997. Vertebral osteoarthritis of the La chapelle-aux-Saints 1 Neanderthal. *J. Archaeol. Sci.* 24, 1015–1021.
- De la Rúa, C., 1990. Los estudios de Paleontología en el País Vasco. *Munibe. Barandiarango Jose Miguel Maisuari Omenaldia. Homenaje a D. José Miguel de Barandiarán. Sociedad de Ciencias Aranzadi, Donostia*, pp. 199–219.
- de la Rúa, C., Cuende, M., Durán, L.M., Izagirre, N., 1997. Estudio antropológico de los restos humanos del yacimiento de Urratxa III (Orozko, Bizkaia). In: *Muñoz Salvatierra, M., Berganza, E. (Eds.), El yacimiento de la cueva de Urratxa III (Orozko, Bizkaia). Universidad de Deusto*, pp. 207–241. Bilbao.
- Deguilloux, M.-F., Pemonge, M.-H., Mendisco, F., Thibon, D., Cartron, I., Castex, D., 2014. Ancient DNA and kinship analysis of human remains deposited in Merovingian necropolis sarcophagi (Jau Dignac et Loirac, France, 7th–8th century AD). *J. Archaeol. Sci.* 41, 399–405.
- Domínguez-Rodrigo, M., Barba, R., 2006. New estimates of tooth mark and percussion mark frequencies at the FLK Zinj site: the carnivore-hominid-carnivore hypothesis falsified. *J. Hum. Evol.* 50, 170–194.
- Domínguez-Rodrigo, M., De Juana, S., Galan, A.B., Rodríguez, M., 2009. A new protocol to differentiate trampling marks from butchery cut marks. *J. Archaeol. Sci.* 36, 2643–2654.
- Doube, M., Klosowski, M., Arganda-Carreras, I., Cordelières, F., Dougherty, R., Jackson, J., Schmid, B., Hutchinson, J., Shefelbine, S., 2010. BoneJ: Free and extensible bone image analysis in ImageJ. *Bone* 47, 1076–1079.
- d'Incau, E., Couture, C., Crépeau, N., Chenal, F., Beauval, C., Vanderstraete, V., Maureille, B., 2015. Determination and validation of criteria to define hypercementosis in two medieval samples from France (Sains-en-Gohelle, AD 7th–17th century; Jau-Dignac-et-Loirac, AD 7th–8th century). *Arch. Oral Biol.* 60, 293–303.
- Etxeberria, F., 1989. Restos humanos de época calcolítica procedentes de la cueva sepulcral de Urtao II (Oñati, Guipúzcoa). *Munibe* 41, 63–70.
- Etxeberria Gabilondo, F., Herrasti Erorgorri, L., 2007. Los restos humanos del enterramiento de SJAPL: caracterización de la muestra, tafonomía, paleodemografía y paleopatología, San Juan Ante Portam Latinam: una inhumación colectiva prehistórica en el valle medio del Ebro: memoria de las excavaciones arqueológicas,

- 1985, 1990 y 1991.: Arabako Foru Aldundia, Kultura eta Euskara Saila = Diputación Foral de Alava. Departamento de Cultura y Euskera, Vitoria-Gasteiz, pp. 159–282.
- Etxeberria, F., Vegas, J.I., 1988. ¿Agresividad o guerra? durante el Neo-enolítico en la cuenca media del Valle del Ebro, a propósito de S. Juan ante Portam Latinam (Rioja Alavesa). *Munibe Supl.* 6, 105–112.
- Fano, M.A., Cubas, M., Wood, R., 2015. The first farmers in Cantabrian Spain: Contribution of numerical chronology to understand an historical process. *Quat. Int.* 364, 153–161.
- Fernández-Crespo, T., 2007. Final neolithic multiple burials in the upper Ebro valley: the case of san Juan ante Portam Latinam (Basque Country, Spain). In: EAA Summer School eBook, 1, pp. 55–63.
- Fernández-Crespo, T., 2010. Caracterización antropológica y tratamiento funerario de las poblaciones del Neolítico a la Edad del Bronce en la comarca de La Rioja: estado de la cuestión. *Munibe* 32, 414–424.
- Fernández-Crespo, T., 2015. New evidence of early chalcolithic interpersonal violence in the Middle Ebro Valley (Spain): two arrowhead injuries from the swallet of Las Yurdinas II. *Int. J. Osteoarchaeol.* 27, 76–85.
- Fernández-Crespo, T., 2016. El papel del fuego en los enterramientos neolíticos finales/calcolíticos iniciales de los abrigos de la Sierra de Cantabria y sus estribaciones (valle medio-alto del Ebro). *Trab. Prehist.* 73, 128–146.
- Fernández-Crespo, T., de-la-Rúa, C., 2015. Demographic evidence of selective burial in megalithic graves of Northern Spain. *J. Archaeol. Sci.* 53, 604–617.
- Fernández-Crespo, T., de-la-Rúa, C., 2016. Demographic differences between funerary caves and megalithic graves of Northern Spanish Late Neolithic/Early Chalcolithic. *Am. J. Phys. Anthropol.* 160, 284–297.
- Fernández-Crespo, T., Schulting, R.J., Ordoño, J., Duering, A., Etcheberria, F., Herrasti, L., Armendariz, A., Vegas, J.I., Bronk Ramsey, C., 2018. New radiocarbon dating and demographic insights into San Juan ante Portam Latinam, a possible Late Neolithic war grave in North-Central Iberia. *Am. J. Phys. Anthropol.* 166, 760–771.
- Fernández-Jalvo, Y., Andrews, P., 2016. Atlas of Taphonomic Identifications: 1001+ Images of Fossil and Recent Mammal Bone Modification. Springer, New York.
- Feucht, M.J.M., Villalán Blanco, J.D., Negre Muñoz, M.-C., Polo Cerdá, M., Gil Pitarch, P., 1999. Estudio antropológico y paleopatológico de los restos óseos del yacimiento neolítico de Villanueva de la Fuente (Ciudad Real). *SAGVNTVM Extra* 2, 379–385.
- Fiorillo, A.R., 1989. An experimental study of trampling: implications for the fossil record. In: Bonnichsen, R., Sorg, M.H. (Eds.), Bone Modification. University of Maine Centre for the Study of the First Americans, Orono, pp. 61–72.
- Garate Maidagan, D., 2012. Neandertales y Cromañones. Los primeros pobladores de Bizkaia. Guías del Arkeologi Museoa nº 2. Diputación Foral de Bizkaia, Bizkaikoa y Arkeologi Museoa, Bilbao.
- Garate Maidagan, D., Ríos-Garaizar, J., Ruiz-Redondo, A., 2013. El arte parietal paleolítico de la cueva de Lumentxa (Lekeitio, Bizkaia). *Kobie* 32, 5–28.
- García-Sagastibelza, A., 2017. Los restos humanos de la cueva de Atxuri I (Mañaria) dentro del contexto del uso sepulcral de las cuevas en Bizkaia. In: Estudios de Cuaternario/Kuaternario Ikasketak / Quaternary Studies, 7, pp. 19–37.
- García-Sagastibelza, A., ArribasPastor, J.L., Gómez-Olivencia, A., 2018. Estudio antropológico preliminar del yacimiento de Lumentxa (Lekeitio, Bizkaia). In: Amayuelas, E.B.-L., Bonilla, O., del Val, M., Errandonea-Martin, J., Garate-Olave, I., García-Sagastibelza, A., Intxauspe-Zubiaurre, B., Martínez-Bracerías, N., Perales-Gogenola, L., Ponsoda-Carreres, M., Portillo, H., Serrano, H., Silva-Casal, R., Suárez-Bilbao, A., Suarez-Hernando, O. (Eds.), Garate-Olave, I., Life finds a way. Libro de resúmenes del XVI Encuentro de Jóvenes Investigadores en Paleontología, Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea Sociedad de Ciencias Aranzadi, Bilbao, pp. 209–212.
- García-Sagastibelza, A., Arribas Pastor, J.L., Castex, D., López-Onaindia, D., Rodríguez-Hidalgo, A., Couture-Veschambre, C., Gómez-Olivencia, A., 2019. Estudio antropológico y biomecánico de los restos humanos del yacimiento de Lumentxa (Lekeitio, Bizkaia). XV Reunión Nacional de Cuaternario, pp. 304–307.
- García-Sagastibelza, A., Lopez-Onaindia, D., Lambacher, N., Pomeroy, E., Cubas, M., Subira, M.E., Castex, D., Couture-Veschambre, C., Gomez-Olivencia, A., this volume. The funerary use of caves during the Holocene in the Atlantic Western Pyrenees: new information from Atxuri and Txotxinkoba caves (Biscay, Northern Iberian Peninsula). *Quaternary International* (<https://doi.org/10.1016/j.quaint.2020.09.029>).
- Garn, S.M., Rohmann, C.G., Wagner, B., Ascoli, W., 1967. Continuing bone growth throughout life: a general phenomenon. *Am. J. Phys. Anthropol.* 26, 313–317.
- Gil Abad, D., Llamas Rubio, A., 2016. La cueva sepulcral de Lacilla-II (Sopuerta, Bizkaia). Memoria Arqueológica 1988. *Kobie* 35, 115–168.
- Gómez-Olivencia, A., 2013. Estudio de los restos humanos del yacimiento de Arlanpe (Lemoa, Bizkaia). In: Ríos-Garaizar, J., Garate Maidagan, D., Gómez-Olivencia, A. (Eds.), Kobie. Bizkaiko Arkeologi Indusketak-Excavaciones Arqueológicas en Bizkaia. Bizkaiko Foru Aldundia-Diputación Foral de Bizkaia, Bilbao, pp. 161–176.
- Gómez-Olivencia, A., Arceredillo, D., Álvarez-Lao, D., Garate, D., San Pedro Calleja, Z., Castaños, P., Ríos-Garaizar, J., 2014. New evidence for the presence of reindeer (*Rangifer tarandus*) on the Iberian Peninsula in the Pleistocene: an archaeopaleontological and chronological reassessment. *Boreas* 43, 286–308.
- Gómez-Olivencia, A., Cubas, M., Sala, N., Pantoja-Pérez, A., García-Ibaibarriaga, N., Ríos-Garaizar, J., Regalado, E., Libano, I., Solar, G., Arlegi, M., Moreno, J., 2015. Restos humanos calcolíticos de dos nuevos yacimientos de Punta Lucero (Zierbena, Bizkaia). *Kobie* 34, 5–18.
- Gómez-Olivencia, A., Quam, R., Sala, N., Bardey, M., Ohman, J.C., Balzeau, A., 2018a. La Ferrassie I: new perspectives on a “classic” Neandertal. *J. Hum. Evol.* 117, 13–32.
- Gómez-Olivencia, A., Sala, N., Núñez-Lahuerta, C., Sanchis, A., Arlegi, M., Ríos-Garaizar, J., 2018b. First data of Neandertal bird and carnivore exploitation in the Cantabrian region (Axlor; Barandiaran excavations; Dima, Biscay, northern Iberian Peninsula). *Sci. Rep.* 8, 10551.
- González Rabanal, B., González Morales, M.R., Marín Arroyo, A.B., 2017. La tafonomía como marco metodológico para interpretar depósitos funerarios superficiales: estudio de la cuevassepulcral de El Espinoso (Ribadedeva, Asturias). *Trab. Prehist.* 74, 278–295.
- González Sainz, C., 1989. El Magdaleniense superior final de la región cantábrica. Universidad de Cantabria, Santander.
- Grine, F.E., Jungers, W.L., Tobias, P.V., Pearson, O.M., 1995. Fossil homo femur from Berg Aukas, northern Namibia. *Am. J. Phys. Anthropol.* 97, 151–185.
- Heaton, T., Köhler, P., Butzin, M., Bard, E., Reimer, R., Austin, W., Bronk Ramsey, C., Grootes, P., Hughen, K., Kromer, B., Reimer, P., Adkins, J., Burke, A., Cook, M., Olsen, J., Skinner, L., 2020. Marine20-the marine radiocarbon age calibration curve (0-55,000 cal BP). *Radiocarbon* 62, 1–43.
- Henderson, J., 1987. Factors determining the state of preservation of human remains. In: Boddington, A., Garland, A.N., Janaway, R.C. (Eds.), Death, Decay and Reconstruction. Approaches to Archaeology and Forensic Science. Manchester University Press, Manchester, pp. 43–54.
- Herrasti, L., Etcheberria, F., 2011. Estudio de los restos humanos de la cueva de Santimamiñe (Kortezubi, Bizkaia): campañas de 2004 a 2006. In: López Quintana, J.C. (Ed.), La cueva de Santimamiñe: revisión y actualización (2004-2006), pp. 375–382. Kobie-BAI 1, Bizkaiko Foru Aldundia-Diputación Foral de Bizkaia, Bilbao.
- Higham, T.F.G., Jacobi, R.M., Bronk Ramsey, C., 2006. AMS radiocarbon dating of ancient bone using ultrafiltration. *Radiocarbon* 48 (Nr.2), 179–195.
- Holt, B., Whittney, E., Niskanen, M., Sládek, V., Berner, M., Ruff, C.B., 2018a. Temporal and geographic variation in robusticity. In: Skeletal Variation and Adaptation in Europeans. John Wiley & Sons., Hoboken, pp. 91–132.
- Holt, B., Whittney, E., Tompkins, D., 2018b. France and Italy. In: Skeletal Variation and Adaptation in Europeans. John Wiley & Sons., Hoboken, pp. 241–280.
- Horwitz, L.K., Smith, P., 1987. The effects of striped hyaena activity on human remains. *J. Archaeol. Sci.* 15, 471–481.
- Iriarte-Chiapusso, M.J., Arrizabalaga, A., Etcheberria, F., Herrasti, L., Álvarez-Fernández, E., 2010. Shell Midden People in Northern Iberia: New Data from the Mesolithic Rock Shelter of J3 (Basque Country, Spain). *Zephyrus LXV* 117–127.
- Kerluke, R., McClure, F., Stracke, S., 1972. The Spotted Hyena: a Study of Predation and Social Behavior. University of Chicago and London Press, Chicago and London.
- Laborde, M., Barandiarán, J.M., Auri, T., Altuna, J., 1967. Excavaciones en Marizulo (Urneta) (Campanas de 1965 y 1967). *Munibe* 3, 261–269.
- Larsson, A.M., 2003. Secondary burial practices in the Middle Neolithic. Causes and consequences. In: Current Swedish Archaeology, 11, pp. 153–170.
- Longin, R., 1971. New method of collagen extraction for radiocarbon dating. *Nature* 230, 241–242.
- López Quintana, J.C., Guenaga Lizasu, A., 2011. Revisión estratigráfica del depósito arqueológico de la cueva de Santimamiñe (Kortezubi, Bizkaia): Campañas de 2004 a 2006. Cronoestratigrafía y paleoambiente. In: López-Quintana, J.C. (Ed.), Kobie. Bizkaiko Arkeologi Indusketak-Excavaciones Arqueológicas en Bizkaia. La cueva de Santimamiñe: revisión y actualización (2004-2006). Bizkaiko Foru Aldundia-Diputación Foral de Bizkaia, Bilbao, pp. 7–70.
- López Quintana, J.C., Guenaga Lizasu, A., Etcheberria, F., Herrasti, L., Martínez de Pancorbo, M.A., Palencia, L., Valverde, L., Cardoso, S., 2015. Nuevos datos sobre la secuencia de uso sepulcral de la cueva de Santimamiñe (Kortezubi, Bizkaia). In: Bueno Ramírez, P., Barroso, R. (Eds.), ARPI 03 Extra. Homenaje a Rodrigo de Balbín Berhmann. Universidad de Alcalá de Henares, Alcalá de Henares, pp. 180–196.
- López-Onaindia, D., Subirà, M.E., 2017. Prehistoric funerary complexity in northern Iberia studied by using dental morphology. *Homo* 68, 122–133.
- Lovejoy, C.O., 1985. Dental wear in the Libben population: its functional pattern and role in the determination of adult skeletal age at death. *Am. J. Phys. Anthropol.* 68, 47–56.
- Lyman, R.L., 1994. Vertebrate Taphonomy. Cambridge University Press, Cambridge.
- Macintosh, A.A., Davies, T.G., Ryan, T.M., Shaw, C.N., Stock, J.T., 2013. Periosteal versus true cross-sectional geometry: a comparison along humeral, femoral, and tibial diaphyses. *Am. J. Phys. Anthropol.* 150, 442–452.
- Marchi, D., Sparacello, V.S., Holt, B.M., Formicola, V., 2006. Biomechanical approach to the reconstruction of activity patterns in Neolithic Western Liguria, Italy. *Am. J. Phys. Anthropol.* 131, 447–455.
- Marín-Arroyo, A.M., Ruiz, M.L., Bernabeu, G.V., Román, R.S., Morales, M.G., Straus, L.G., 2008. Archaeological implications of human-derived manganese coatings: a study of blackened bones in El Mirón Cave, Cantabrian Spain. *J. Archaeol. Sci.* 35, 801–813.
- Mays, S., Ives, R., Brickley, M., 2009. The effects of socioeconomic status on endochondral and appositional bone growth, and acquisition of cortical bone in children from 19th century Birmingham, England. *Am. J. Phys. Anthropol.* 140, 410–416.
- McHenry, H.M., 1992. Body size and proportions in early hominids. *Am. J. Phys. Anthropol.* 87, 407–431.
- Muñoz Salvatierra, M., Berganza, E., 1997. La cueva de Urratxa III (Orozko, Bizkaia). Excavación, cronología y análisis de las industrias lítica y ósea. El canto pintado. In: Muñoz Salvatierra, M., Berganza, E. (Eds.), El yacimiento de la cueva de Urratxa III (Orozko, Bizkaia). Universidad de Deusto, Bilbao, pp. 9–71.
- Ontañón, R., Armendáriz, A., 2005. Cuevas y megalitos: los contextos sepulcrales colectivos en la Prehistoria reciente cantábrica. *Munibe (Antropología-Arkeología)* 57, 275–286.
- Pearson, O.M., Lieberman, D.E., 2004. The aging of Wolff's “law”: ontogeny and responses to mechanical loading in cortical bone. *Am. J. Phys. Anthropol.* 125 (S39), 63–99.

- Peña-Chocarro, L., Zapata-Peña, L., García-Gazólaz, J., González-Morales, M., Sesma-Sesma, J., Straus, L.G., 2005. The spread of agriculture in northern Iberia: new archaeobotanical data from El Mirón cave (Cantabria) and the open-air site of Los Cascajos (Navarra). *Veg. Hist. Archaeobotany* 14, 269–278.
- Pettitt, P., 2011. *The Palaeolithic Origins of Human Burial*. Routledge, London.
- Pokines, J., Symes, S.A., 2013. *Manual of Forensic Taphonomy*. CRC Press, Boca Raton.
- Pomeroy, E., Macintosh, A., Wells, J.C.K., Cole, T.J., Stock, J.T., 2018. Relationship between body mass, lean mass, fat mass, and limb bone cross-sectional geometry: implications for estimating body mass and physique from the skeleton. *Am. J. Phys. Anthropol.* 166, 56–69.
- Reimer, P.J., Austin, W., Bard, E., Bayliss, A., Blackwell, P., Bronk Ramsey, C., Butzin, M., Cheng, H., Edwards, R., Friedrich, M., Grootes, P., Guilderson, T., Hajdas, I., Heaton, T., Hogg, A., Hughen, K., Kromer, B., Manning, S., Muscheler, R., Palmer, J., Pearson, C., van der Plicht, J., Reimer, R., Richards, D., Scott, E., Southon, J., Turney, C., Wacker, L., Adolphi, F., Büntgen, U., Capano, M., Fahrni, S., Fogtmann-Schulz, A., Friedrich, R., Köhler, P., Kudsk, S., Miyake, F., Olsen, J., Reining, F., Sakamoto, M., Sookdeo, A., Talamo, S., 2020. The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0–55 cal kBP). *Radiocarbon* 62, 1–33.
- Rios-Garaizar, J., Garate Maidagan, D., Gómez-Olivencia, A., 2013. Ocupaciones humanas prehistóricas en el yacimiento de la cueva de Arlanpe (Lemoa, Bizkaia). In: Rios-Garaizar, J., Garate Maidagan, D., Gómez-Olivencia, A. (Eds.), *Kobie. Bizkaiko Arkeologi Indusketak-Excavaciones Arqueológicas en Bizkaia. La cueva de Arlanpe (Lemoa): Ocupaciones humanas desde el Paleolítico Medio Antiguo hasta la Prehistoria Reciente*. Bizkaiko Foru Aldundia-Diputación Foral de Bizkaia, Bilbao, pp. 277–294.
- Robbins Schug, G., 2011. *Bioarchaeology and Climate Change: A View from South Asian Prehistory*. University Press of Florida, Gainesville.
- Rodríguez, L., Carretero, J.M., García-González, R., Arsuaga, J.L., 2018. Cross-sectional properties of the lower limb long bones in the Middle Pleistocene Sima de los Huesos sample (Sierra de Atapuerca, Spain). *J. Hum. Evol.* 117, 1–12.
- Rougier, H., Crevecoeur, I., Beauval, C., Posth, C., Flas, D., Wilbing, C., Furtwängler, A., Germonpré, M., Gómez-Olivencia, A., Semal, P., Plicht, J., Bocherens, H., Krause, J., 2016. Neandertal cannibalism and Neandertal bones used as tools in Northern Europe. *Sci. Rep.* 29005, 1–11.
- Ruff, C.B., 2000. Body size, body shape, and long bone strength in modern humans. *J. Hum. Evol.* 38, 269–290.
- Ruff, C.B., 2002. Long bone articular and diaphyseal structure in Old World monkeys and apes I: locomotor effects. *Am. J. Phys. Anthropol.* 119, 305–342.
- Ruff, C.B., 2006. *Moment Macro for NIH Image and Image J*. Johns Hopkins University School of Medicine. Baltimore. <http://www.hopkinsmedicine.org/fac/mmacro.htm>. (Accessed 22 January 2020).
- Ruff, C.B., 2008. Biomechanical analyses of archaeological human skeletons. In: second ed. Katzenberg, M.A., Saunders, S.R. (Eds.), *Biological Anthropology of the Human Skeleton*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, pp. 183–206.
- Ruff, C.B., 2018a. Introduction in: *Skeletal Variation and Adaptation in Europeans: Upper Paleolithic to the Twentieth Century*. John Wiley & Sons., Hoboken, pp. 1–4.
- Ruff, C.B., 2018b. Quantifying Skeletal Robusticity, Skeletal Variation and Adaptation in Europeans: Upper Paleolithic to the Twentieth Century. John Wiley & Sons., Hoboken, pp. 39–48.
- Ruff, C.B., Garvin, H., 2018. Iberia in: *Skeletal Variation and Adaptation in Europeans: Upper Paleolithic to the Twentieth Century*. John Wiley & Sons., Hoboken, pp. 281–314.
- Ruff, C.B., Hayes, W.C., 1983. Cross-sectional geometry of Pecos Pueblo femora and tibiae—a biomechanical investigation: I. Method and general patterns of variation. *Am. J. Phys. Anthropol.* 60, 359–381.
- Ruff, C.B., Scott, W.W., Liu, A.Y.C., 1991. Articular and diaphyseal remodeling of the proximal femur with changes in body mass in adults. *Am. J. Phys. Anthropol.* 86, 397–413.
- Ruff, C.B., Holt, B., Trinkaus, E., 2006. Who's afraid of the big bad Wolff?—"Wolff's law" and bone functional adaptation. *Am. J. Phys. Anthropol.* 129 (4), 484–498.
- Ruff, C.B., Holt, B.M., Niskanen, M., Sladěk, V., Berner, M., Garofalo, E., Garvin, H.M., Hora, M., Majjanen, H., Niinimäki, S., 2012. Stature and body mass estimation from skeletal remains in the European Holocene. *Am. J. Phys. Anthropol.* 148, 601–617.
- Ruff, C.B., Holt, B., Niskanen, M., Sladěk, V., Berner, M., Garofalo, E., Garvin, H.M., Hora, M., Junno, J.-A., Schuplerova, E., 2015. Gradual decline in mobility with the adoption of food production in Europe. *Proc. Natl. Acad. Sci. Unit. States Am.* 112, 7147–7152.
- Sala, N., Arsuaga, J.L., Martínez, I., Gracia-Téllez, A., 2015. Breakage patterns in Sima de los Huesos (Atapuerca, Spain) hominin sample. *J. Archaeol. Sci.* 55, 113–121.
- Sala, N., Arsuaga, J.L., Pantoja-Pérez, A., Pablos, A., Martínez, I., Quam, R.M., Gómez-Olivencia, A., de Castro, J.M.B., Carbonell, E., 2015. Lethal interpersonal violence in the middle Pleistocene. *PLoS One* 10, e0126589.
- Saladié, P., Rodríguez-Hidalgo, A., 2017. Archaeological evidence for cannibalism in prehistoric western Europe: from Homo antecessor to the bronze age. *J. Archaeol. Method Theor* 24, 1034–1071.
- Scarre, C., 2007. *The Megalithic Monuments of Britain and Ireland*, second ed. Thames and Hudson, London.
- Scheuer, L., Black, S., Christie, A., 2000. *Developmental Juvenile Osteology*. Elsevier Academic Press, London.
- Sparacello, V., Villotte, S., Shaw, C., Fontana, F., Mottes, E., Starnini, E., Giampaolo, D., Marchi, D., 2018. Changing Mobility Patterns at the Pleistocene-Holocene Transition. *Palaeolithic Italy: Advanced Studies on Early Human Adaptations in the Apennine Peninsula*, pp. 357–396.
- Stiner, M.C., Kuhn, S.L., Weiner, S., Bar-Yosef, O., 1995. Differential burning, recrystallization, and fragmentation of archaeological bone. *J. Archaeol. Sci.* 22, 223–237.
- Stock, J.T., Macintosh, A.A., 2016. Lower limb biomechanics and habitual mobility among mid-Holocene populations of the Cis-Baikal. *Quat. Int.* 405, 200–209.
- Suárez Bilbao, A., Castañón, P., Arribas, J., Berganza, E., García-Ibaibarriaga, N., Murelaga, X., 2018. Study of vertebrates from Lumentza site (Lekeitio, northern Iberian Peninsula). In: XVIII Congrès Mondial UISPP Congress. UISPP, Paris, pp. 274–275.
- Tapia Sagarna, J., Álvarez Fernández, E., Cubas Morera, M., Cueto Rapado, M., Etxeberria Gabilondo, F., Gutiérrez Zugasti, I., Herrasti Erlorri, L., Ruiz Alonso, M., 2008. La cueva de Linatzeta (Lastur, Deba, Gipuzkoa) Un nuevo contexto para el estudio del Mesolítico en Gipuzkoa. *Munibe (Antropología - Arkeología)* 59, 119–131.
- Trinkaus, E., 1985. Pathology and the posture of the La chapelle-aux-Saints Neandertal. *Am. J. Phys. Anthropol.* 67, 19–41.
- Trinkaus, E., Ruff, C.B., 2012. Femoral and tibial diaphyseal cross-sectional geometry in Pleistocene Homo. *PaleoAnthropology* 2012, 13–62.
- Utrilla, P., Mazo, C., Domingo, R., 2015. Fifty thousand years of prehistory at the cave of Abauntz (Arraitz, Navarre): a nexus point between the Ebro valley, Aquitaine and the Cantabrian corridor. *Quat. Int.* 364, 294–305.
- Van Klinken, G.J., 1999. Bone collagen quality indicators for palaeodietary and radiocarbon measurements. *J. Archaeol. Sci.* 26, 687–695.
- Varela Pérez, R., 2013. El yacimiento neolítico de Caño Bajo (La Rambla, Córdoba). *Arte, arqueología e historia* 20, 135–146.
- Vegas Aramburu, J.I. (Coord.), 2007. *San Juan Ante Portam Latinam: Una inhumación colectiva prehistórica en el valle medio del Ebro: memoria de las excavaciones arqueológicas*, 1985, 1990, 1991. Diputación Foral de Álava, Vitoria.
- Vegas, J.I., Armendáriz, A., Etxeberria, F., Fernandez, M., Herrasti, L., Zumalabe, F., 1999. San Juan ante Portam Latinam. Una sepultura colectiva en el valle medio del Ebro. *Rev. Arqueol.* 224, 14–25.
- Vegas, J., Armendáriz, A., Etxeberria, F., Fernández, M., Herrasti, L., 2012. Prehistoric violence in northern Spain. In: Schulting, R.J., Fibiger, L. (Eds.), *Sticks, Stone and Broken Bones: Skeletal Evidences for Interpersonal Violence in Neolithic Europe*. Oxford University Press, Oxford, pp. 265–302.
- Villa, P., Mahieu, E., 1991. Breakage patterns of human long bones. *J. Hum. Evol.* 21, 27–48.
- White, T.D., 1992. *Prehistoric Cannibalism at Mancos 5MTUMR-2346*. Princeton University Press, Princeton.
- White, T.D., Folkens, P.A., 2005. *The Human Bone Manual*. Elsevier Academic Press, New York.
- Yáñez, C., Malgosa, A., Burjachs, F., Diaz, N., Garcia, C., Isidro, A., Juan, J., Matamala, 2002. El Mon funerari al final del V mil·lenni a Andorra: la tomba de Segudet (Ordino). *Cypsel* 14, 175–194.
- Zapata, L., 1995. La excavación del depósito sepulcral calcolítico de la cueva Pico Ramos (Muskiz, Bizkaia). *La industria ósea y los elementos de adorno*. *Munibe (Antropología-Arkeología)* 47, 35–90.
- Zapata Peña, L., 2002. Origen de la agricultura en el País Vasco y transformaciones en el paisaje: análisis de restos vegetales arqueológicos. *Bizkaiko Foru Aldundia-Diputación Foral de Bizkaia*, Bilbao.
- Zapata Peña, L., 2005. *Agricultura prehistórica en el País Vasco litoral*. *Munibe (Antropología-Arkeología)* 57, 553–561.
- Zumalabe, F., 1993. *Langatxoko Lezea (Mutriku)*. IV. *Indusketa Kanpaina*. *Arkeoikuska Arkeologi Ikerketa-Investigación arqueológica* 1993, pp. 168–172.

Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

Quaternary International

journal homepage: www.elsevier.com/locate/quaint

The funerary use of caves during the Holocene in the Atlantic Western Pyrenees: New information from Atxuri-I and Txotxinkoba caves (Biscay, Northern Iberian Peninsula)

Andrea García-Sagastibelza^{a,b,*}, Diego López-Onaindia^{a,b,c,d,**}, Nicole Lambacher^e,
Emma Pomeroy^f, Miriam Cubas^{e,g}, Maria Eulàlia Subirà^{c,d}, Dominique Castex^b,
Christine Couture-Veschambre^b, Asier Gómez-Olivencia^{a,e,h,*}

^a Dpto. de Geología, Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea. Barrio Sarriena s/n. 48940 Leioa, Spain

^b Univ. Bordeaux, CNRS, MCC, PACEA, UMR 5199, F-33600 Pessac, France

^c Unitat d'Antropologia Biològica, Departament de Biologia Animal, Biologia Vegetal i Ecologia, Facultat de Biociències, Universitat Autònoma de Barcelona, 08193 Bellaterra, Spain

^d GREAB – Research Group in Biological Anthropology. Departament d'Universitats, Recerca i Societat de la Informació, Government of Catalonia, Italy

^e Sociedad de Ciencias Aranzadi, Zorroagaina 11, 20014 Donostia-San Sebastián, Spain

^f Department of Archaeology, University of Cambridge, Downing Street, Cambridge CB2 3DZ, UK

^g Departamento de Historia y Filosofía, Universidad de Oviedo, C/Amparo Pedregal s/n. E-33011. Oviedo, Spain

^h Centro UCM-ISCIII de Investigación sobre Evolución y Comportamiento Humanos, Avda. Monforte de Lemos 5 (Pabellón 14), 28029 Madrid, Spain

ARTICLE INFO

Keywords:

Funerary behaviour
Sepulchral caves
Radiocarbon dates
MNI
Late Prehistory

ABSTRACT

The Atlantic Western Pyrenean area is exceptionally rich in archaeological evidence of funerary contexts dated to Late Prehistory. These funerary deposits are mainly recorded in caves and megalithic structures. Burials attributed to the Holocene have been recorded in more than 187 caves (177 just in Gipuzkoa and Bizkaia), reflecting the relevance of this phenomenon in the AWP. Nonetheless, just a few of these inhumation contexts have been properly studied, and even fewer have direct and systematic ¹⁴C dates. Here, we present the results from the analysis of two sepulchral caves from Biscay: Atxuri-I and Txotxinkoba, that preserve a minimum number of 9 and 14 individuals, respectively. Both caves present subadult individuals of different ages-at-death and among adults, both sexes are represented. Although the representation of osteological elements is roughly similar in both sites, small differences in the preservation of pelvic bones and the completeness of long bones suggest a potential bias in Atxuri-I. We provide six new radiocarbon dates on human remains. Two ¹⁴C dates from Atxuri-I show that the cave was used for funerary purposes at least during two very different times: the Mesolithic and the Bronze Age. The latter period is represented by a directly dated complete femur, which was also studied biomechanically, providing results similar with the available Bronze Age female sample from the Iberian Peninsula. The four dates from Txotxinkoba show that the cave was only used for a relatively short period during the Chalcolithic. When put within the Atlantic Western Pyrenean context, despite the limited amount of direct dates a pattern is evident, where most of the largest accumulations of human remains are found in sites with Chalcolithic burials (between 4,600 and 4,000 BP), such as Lacilla II, Pico Ramos, Urtao II and Abautz, and Txotxinkoba would fit within this group. Those caves that show human burial chronologies spanning longer periods of time, such as Lumentxa, Santimamiñe, Marizulo or Aizpea, generally contain smaller numbers of individuals, and Atxuri-I would fit within this group.

* Corresponding authors. Dpto. Estratigrafía y Paleontología, Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea, Barrio Sarriena s/n, 48940 Leioa, Spain.

** Corresponding author. Univ. Bordeaux, CNRS, MCC, PACEA, UMR 5199, F-33600 Pessac, France.

E-mail addresses: andrea.garcia@ehu.eus (A. García-Sagastibelza), diego.lopez.onaindia@gmail.com (D. López-Onaindia), asier.gomez@ehu.eus (A. Gómez-Olivencia).

<https://doi.org/10.1016/j.quaint.2020.09.029>

Received 31 January 2020; Received in revised form 4 September 2020; Accepted 13 September 2020

Available online 17 September 2020

1040-6182/© 2020 Elsevier Ltd and INQUA. All rights reserved.

1. Introduction

The Western Pyrenees (WP) has geographical and ecological particularities that make it of special interest for understanding the prehistory of Western Europe (Arrizabalaga and Rios-Garaizar, 2012). On the one hand, it has acted as an important cultural and biological corridor between the Iberian Peninsula, the largest of Europe's southern peninsulas and the rest of the continent, and functioned as a key refugium during glacial periods (Arrizabalaga and Rios-Garaizar, 2012; Gómez-Olivencia et al., 2014). In addition, this region encompasses coastal and mountainous areas, as well as the peripheral areas of the Iberian plateau, providing a diversity of landscapes and ecological conditions in a relatively small region. Geologically, the abundance of limestone outcrops (Bodego and López-Horgue, 2018, and references therein) has resulted in a large number of caves (e.g., Dorado et al., 2013), which have been used as a shelter by different human and animal species during the Quaternary (Gómez-Olivencia, 2018 and references therein). The present study focuses on the funerary practices in caves located in the westernmost area of the Pyrenees and the nearby Basque mountains, comprising sites from the provinces/regions of Biscay, Gipuzkoa, Béarn, and the northern part of Navarre.

The study of funerary practices is of great interest because it provides important biological and cultural information about past societies (Pettitt, 2011; Arias, 2012; López-Onaindia and Subirà, 2017). First, the archaeological study of burials and the associated archaeological remains (grave goods or other kinds of material deposits), and the synchronic and diachronic analysis of the burial sites/structures, provides information about the mortuary and funerary practices of social groups, and can provide important glimpses into their organization and degree of social stratification. Additionally, the study of the skeletal remains not only provides important paleobiological information, including demographic characteristics, health status, etc., but the combined application of forensic and imaging techniques also reveals additional important cultural information regarding mortuary practices and past mobility patterns (e.g., Sala et al., 2015; Gómez-Olivencia et al., 2018; García-Sagastibelza et al., this volume). Furthermore, the systematic osteological study, including taphonomic analyses of the remains and representation patterns of the different anatomical elements, provides insight into the nature of the bone accumulation, the history of their context and the funerary rituals performed at the sites (Ubelaker, 1973; Adams and Konigsberg, 2008; Gerdau Radonić and Makowski, 2011; Sala et al., 2015).

In the Atlantic Western Pyrenees (AWP), more than 187 caves (177 just in Gipuzkoa and Biscay) have yielded human remains, reflecting the importance of this phenomenon in the area. The Upper Palaeolithic record is very scarce (Gómez-Olivencia, 2018 and references therein) and most human remains from caves are traditionally related to Holocene funerary practices. In some of these caves, just one or a handful of individuals have been recovered while other deposits, such as Pico Ramos ($n = 104$) and Urtao II ($n = 51$) have yielded a large number of individuals (Etxeberria, 1989; Zapata, 1995). The sole (or main) function of the caves may have been funerary (e.g., Lacilla II; Gil Abad and Llamas Rubio, 2016–2017). In some other cases, funerary practices occur sporadically across long periods of occupation of the cave (e.g., Lumentxa; Arribas and Berganza, 2018; García-Sagastibelza et al., this volume). From a chronological point of view, the Mesolithic, ca. 8,000–5,000 cal BCE, is represented in this region by two paradigmatic burials: Linatzeta and J3 (Iriarte et al., 2005, 2010; Tapia et al., 2008). There is little evidence of mortuary contexts contemporary with the introduction of domesticated plants and animals during the 5th millennium cal BCE, as the main Neolithic sites (e.g., Marizulo and Ekain) date to the 4th millennia cal BCE (Laborde et al., 1967; Alday and Mujika, 1999; Altuna, 2009). Subsequently, ca. 4,300 to 3,900 cal BCE, funerary practices change with the introduction of megalithic structures, coexisting with cave burials (Armendariz, 1992, 1999; Fernández-Crespo, 2010; Arias, 2012).

Whether the human accumulations in these caves are the result of a single event or repeated funerary use is difficult to ascertain without either direct dates and/or evidence of violence or infectious disease which could justify the burial of multiple bodies in a single event (e.g., presence of violence in San Juan ante Portam Latinam; Vegas, 2007). The available (and scarce) radiocarbon dates on human bones support the long-term use of caves for funerary purposes (e.g., Pico Ramos; Zapata, 1995), although evidence of violence has been found in other contexts alongside longer term use as a burial site (e.g., San Juan Ante Portam Latinam; in Fernández-Crespo et al., 2018).

For many of the AWP cave sites, anthropological information is limited to brief inventories that, in many cases, lack basic information such as the determination of the minimum number of individuals and demographic profiles (sex and age-at-death) (Armendariz and Etxeberria, 1983; Ontañón and Armendáriz, 2005). Additionally, estimates of stature and body mass are all but absent for the majority of the human remains from AWP cave sites. This is generally due to the lack of complete long bones needed to generate such estimates and the absence until recently of reliable methods using other skeletal elements (e.g., regression equations based on feet remains; Pablos et al., 2013). While archaeological artefacts associated with the human remains may, in some cases, offer some chrono-cultural indications, many human remains have been attributed to the Chalcolithic-Bronze Age based solely on the greater frequency of burials from this period in the area (e.g., Atxuri-I, García-Sagastibelza, 2017).

Besides the obvious problems with interpreting the typological and chronological contexts of these caves, the lack of systematic bioarchaeological and chronological analysis also presents a problem when trying to understand more fully the prehistoric populations in the area. Analyses based on group frequencies or means, such as demography, non-metric traits, or interpretations of aDNA and stable isotope data are affected by the lack of information regarding the chronology of funerary activity in such caves. Despite the relatively large number of sites with human remains, there is a relative dearth of bioarchaeological and chronological studies of the human remains from caves or megalithic structures from the AWP, which are limited to a few better-documented sites (Izagirre, 1998; Izagirre and de la Rúa, 1999; Izagirre et al., 2001; Cardoso et al., 2011; Hervella et al., 2012; de la Rúa et al., 2015; Cubas et al., 2016; López-Onaindia, 2017; López-Onaindia and Subirà, 2017; García-Sagastibelza, 2017; Sarasketa-Gartzia, 2018; Villalba-Mouco et al., 2018; García-Sagastibelza et al., this volume). Surprisingly, the lack of thorough anthropological and/or chronological studies in some sites has not precluded sampling for DNA and/or isotopic analysis (e.g. Atxuri-I: Prieto, 2002; Fernández, 2005; Pico Ramos: Sarasketa-Gartzia et al., 2018). Additionally, new techniques that can provide important paleobiological information, such as biomechanical analyses, have not been performed, despite recent advances (García-Sagastibelza et al., this volume). In summary, we still know very little about the Holocene populations of the AWP.

The objectives of this work are two-fold. First, we present the anthropological study and new dates on the human remains from two caves of the AWP that were excavated more than 50 years ago: Atxuri-I and Txotxinkoba. We employ innovative methods to determine the minimum number of elements and individuals (MNE and MNI respectively) represented in the collections using landmark-based inventories (Txotxinkoba) and biomechanical analysis of a complete directly dated femur (Atxuri-I). Second, we provide six new radiocarbon dates from human remains: two from Atxuri-I and four from Txotxinkoba, and provide a review of the currently available direct ^{14}C dates from human remains recorded in caves in the AWP in order to contextualize our research. Finally, we discuss these results and compare them to: direct dates obtained in burials from megalithic structures from the same region, other nearby sites in the Mediterranean watershed, and to other sites from other regions of the Iberian Peninsula.

2. Archaeological context

2.1. Atxuri-I

The cave of Atxuri-I (43°08'28.6"N, 2°39'19.3"W, 225 m. a.s.l.), located on the mountain of the same name in a gorge between the Mugarra (964 m) and Untzillatx (934 m) mountains and close to the town of Mañaria (Biscay; Fig. 1), no longer exists due to the activities of the Markomin Goikoa quarry (Nolte, 1957; Castaños, 1986) (Supplementary Figure S1). The entrance (2 m high, 2.50 m wide) was oriented to the south and gave passage to a single gallery of ca. 17–18 m in length (Apellániz, 1973).

The site was discovered by J.M. de Barandiarán in 1929, and an excavation was directed by E. Nolte in 1957 (Nolte, 1957; Garate, 2012). Subsequently, between 1960 and 1961 (Barandiarán, 1964; Castaños, 1986), or finishing in 1962 (Apellániz, 1973; Garate, 2012), J.M. de Barandiarán organized salvage excavations due to the imminent destruction of the cave by the quarry.

Regarding the stratigraphy, the only evidence is the assessments made by J.M. de Barandiarán of the first part of the 1961 excavation (Barandiarán, 1964) (Supplementary Figure S1). Unfortunately, the available information is incomplete and the stratigraphy seems to be mixed, possibly because of the actions of treasure hunters (Garate, 2012). The subsequent destruction of the cave makes it impossible to reconstruct its stratigraphic sequence.

Despite the lack of a clear stratigraphy due to both the presence of mixed deposits and the urgent way it was excavated (Garate, 2012), there are archaeo-palaeontological evidence and direct dates indicating that Atxuri-I was occupied during both the Late Pleistocene and Holocene. The typological assessment of the lithic remains demonstrates occupations at least during the Solutrean (Garate, 2012). Additionally, a piece of portable art (an antler fragment with relief decoration) was directly dated by ^{14}C to $9,625 \pm 80$ BP, relating it to the Azilian culture (Euskal Arkeologia Etnografía eta Kondaira Museoa/Museo Arqueológico, Etnográfico e Histórico Vasco, 1995). While it has been suggested that parietal art was present at the site (Fernández, 1971), the lack of graphic recording precludes any further assessment. For post-Palaeolithic occupations, based on the lithic industry and pottery remains there is reliable evidence only for the Late Chalcolithic (Arias, 1989).

In terms of faunal remains, the site has yielded both domestic taxa (e.

g., sheep and goat), indicating Neolithic or more recent occupations and other taxa that disappeared at the end of the Pleistocene (reindeer) or at the beginning of the Holocene (e.g., leopard; Sanchis et al., 2015). One *Rangifer tarandus* bone has been directly dated to $13,030 \pm 60$ BP (Gómez-Olivencia et al., 2014), indicating the presence of faunal bone deposits with Upper Palaeolithic chronologies. Nevertheless, the lack of a clear stratigraphy precludes any assumptions regarding the possible associations with other archaeological materials (Gómez-Olivencia et al., 2014) or relating the location of the reindeer remains to any specific layer of the Pleistocene. Thus, the limited studies performed in this site have relied on both direct dating and typological features of the archaeological remains.

Several human remains from Atxuri-I have been included in analyses of mitochondrial DNA (Prieto, 2002; Fernández, 2005). Prieto (2002) studied 12 samples, assuming that the funerary deposit spanned from the 5th to the 4th millennia BCE. (i.e., roughly from the Neolithic until the Chalcolithic). Fernández (2005) analysed 13 samples and considered that the sepulchral use of the cave occurred roughly between the 3rd to the 2nd millennia BCE (Valdés, personal communication), which would correspond to the Chalcolithic/Bronze Age. However, to our knowledge, no radiocarbon dates have been published by these scholars.

2.2. Txotxinkoba

Txotxinkoba cave (43°20'10.81"N, 2°31'42.86"W, 72 m. a.s.l.) is located on Lariz mountain in Gizaburuaga (Lea-Artibai, Biscay; Fig. 1), and is reached by taking an abandoned road that leaves the main road from Lekeitio to Gizaburuaga, and then climbing the mountain (Apellániz and Nolte, 1967). The cave entrance is 3 m high and 1.90 m wide at the base, leading to a single 7.5 m-long gallery (Supplementary Figure S1).

The cave was discovered by E. Nolte in 1963 and was subsequently excavated by E. Nolte and J.M. Apellániz between 1966 and 1967 (Apellániz and Nolte, 1967), who emptied the whole cave. The human remains from this cave site have been mentioned in a previous publication (Armendariz, 1990), but a systematic study of these remains has not yet been performed.

Apellániz and Nolte (1967) provide preliminary descriptions of the stratigraphy of the site: it was filled with ochre clays, with a uniform type of sediment, which was covered by the modern soil with a distinct black colour. The human remains appeared in the upper part of the

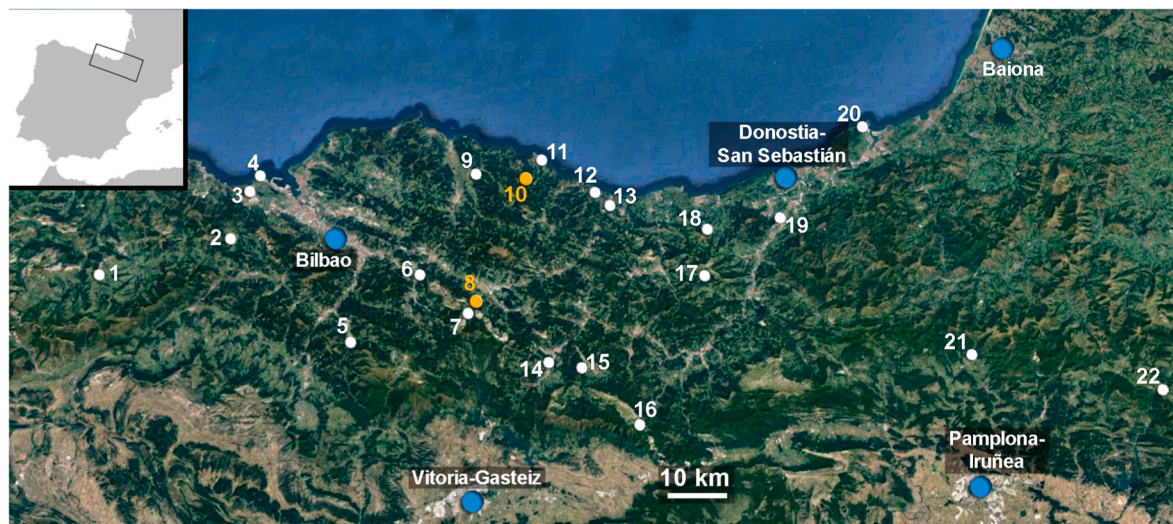


Fig. 1. Location of Atxuri-I and Txotxinkoba in relation to other cave sites in the Western Pyrenees with Holocene dated human remains. 1: Las Pajucas, 2: Lacilla II, 3: Pico Ramos, 4: Covachón III, Punta Lucero II, 5: Urratxa II, 6: Arlanpe, 7: Askondo, 8: Atxuri-I, 9: Santimamiñe, 10: Txotxinkoba, 11: Lumentxa, 12: Langatxo; 13: Ekain, Linatzeta, Urtiaga; 14: Iruaxpe I, 15: Arantzazu, Nardakoste IV, Urtao II, 16: San Adrian, 17: Aintzulo, 18: Kareia B, 19: Marizulo, 20: J3, 21: Abauntz, 22: Aizpea. Padre Areso, Laà 3, Boredelada 1 and 2, Houn de Laà, Laplace and Larrun 1 are situated further east of the area shown in the map.

clayish levels, while lower levels were archaeo-paleontologically sterile. According to the excavators, the inhumations occurred in a single, probably short, and discrete time span. They identified the formation of a stalagmitic crust in a small extension at the end of the cave, which covered some remains, and therefore identified two potential archaeological levels (Levels I and II), but they concluded that the burials occurred during the time that this crust was being formed (Supplementary Figure S1). In the field notes and the two publications where the excavators mention the cave (Apellániz and Nolte, 1967; Apellániz, 1973), they considered that there were no differences in the nature and chronology of the materials between Levels I and II. In fact, they remarked that most of the human bones and associated archaeological remains appeared away from the zone affected by the crust; in Level II, they hardly discovered any associated archaeological remains, and after our inventory the number of osteological elements recorded in this level is 134. The associated materials found in the site include mainly Chalcolithic pottery fragments, a few jet beads (cylindrical and barrel-shaped), and some lithic blades. Amongst the lithic material, an archaic trapezoid microlithic tool was also reported (Apellániz and Nolte, 1967). Faunal remains were also recovered, but a systematic study has not yet been performed.

3. Materials and methods

3.1. Materials

We studied the whole assemblage of human remains from Atxuri-I and Txotxinkoba, currently housed at the Arkeologi Museoa (Bilbao, Biscay). The Atxuri-I collection currently comprises 387 fragments, the majority from the 1960–1961 excavation. A subadult human femur without any specific information (i.e., label) and with a different external appearance compared to the rest of the Atxuri-I collection was excluded from this study. The Txotxinkoba human remains derive from the 1966–1967 excavations and comprise 1,234 fragments.

Stature and body mass data from the Argar populations of Terrera del Reloj (2 males and 2 females) and Castellón Alto (15 males and 15 females) (Ruff and Garvin, 2018), as well as several other sites from the Iberian Peninsula were used as comparative data. The latter sample comprises stature and/or body mass estimations from Abittaga (1 female; Rios-Garaizar et al., in press), Cova de Montanissell (1 male and 2 females; Armentano et al., 2014), Galería del Sílex (1 male and 2 females; Galera Olmo, 1987), Caserío de Perales (1 male and 2 females), La Loma del Lomo (4 males), Los Berrocales (4 males and 3 females), Soto del Henares (1 male) (Aliaga Almeda, 2012), Motilla del Azuer (Martín-Flórez, 2010; Nájera et al., 2010, 2012) and Cerro de la Encina (3 males and 3 females; Jiménez Brobeil y Sánchez, 1989–1990).

For the biomechanical study, comparative samples from the Iberian Peninsula, France and Italy were used (Holt et al., 2018a; Ruff and Garvin, 2018). Additionally, a sample dating to the 7th–8th century AD from the Jau-Dignac-et-Loirac commune, near the Gironde estuary (Nouvelle Aquitaine, France: Cartron and Castex, 2006, 2010, Deguiloux et al., 2014; d’Incau et al., 2015), was also analysed for this study. CT-scans of 14 of the 65 individuals from this site were available for analyses (7 males and 7 females). An early Medieval sample from Santa María de Hito (Iberian Peninsula) was also used (Ruff and Garvin, 2018).

3.2. Minimum number of individuals

The Minimum Number of Individuals (MNI) was determined in both collections based on the highest Minimum Number of Elements (MNE) from a single side and taking age category into account (Knüsel and Outram, 2004). Due to the highly fragmented state of the remains from Txotxinkoba, the *Landmark method* was preferred to determine MNE: we registered all the bone fragments by element, side, age and described landmarks (Mack et al., 2016). All points were evaluated as present or absent, and they are only used to count the MNE if at least 50% of the

landmark is observable (Lambacher et al., 2016).

3.3. Sex assessment

Sex estimation for adult remains used morphological features of the pelvis when available (Martin and Saller, 1957; Ferembach et al., 1980; Krogman and Iscan, 1986; Schutowski, 1993). Since few pelvis or complete cranial bones and mandibles are present in the collection, discriminant analyses based on measurements of the humeri and femora of adult individuals were used (Bass, 2005).

As a preparatory step for the stature estimation, an approach to the sex assessment of the first and second metatarsals was performed using the k-means cluster analysis based on the maximum length (see also Arceredillo et al., 2011) using Past 3.0 software (Hammer et al., 2001).

3.4. Age-at-death

In subadult individuals, the degree of calcification and eruption of the dentition was assessed, as well as the general size and degree of fusion of the secondary centres of ossification (Buikstra and Ubelaker, 1994; Scheuer et al., 2000; White and Folkens, 2005; AlQathani et al., 2010). In adult individuals, the study was focussed on the assessment of the dental wear (Lovejoy, 1985) or the auricular surface of the coxal bones following Lovejoy et al. (1985).

3.5. Stature and body mass estimation

Stature was estimated in adult individuals using the maximum length of the femur ($n = 1$; Ruff et al., 2012) and from the first and second metatarsals (Pablos et al., 2013). Body mass (BM) was estimated in a single adult individual from Atxuri-I using femoral head diameter (FHD = 40 mm). The average of three formulae (Ruff et al., 1991; McHenry, 1992; Grine et al., 1995) was used (Auerbach and Ruff, 2004; Trinkaus and Ruff, 2012; Sparacello et al., 2018).

3.6. CT-scans

The complete femur from Atxuri-I was CT-scanned at the IMQ Zorrotzaurre Hospital (Bilbao) using the Siemens Definition As 20, with a source energy setting of 120 kv/180 mAs. Slice thickness was collimated to 0.6 mm and the slice increment was 0.6 mm. This CT scan is available with the identifier <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.12319565>. The Jau-Dignac-et-Loirac femora, on the other hand, were scanned in Tivoli Medical Center in Bordeaux.

3.7. Biomechanical analysis

Due to preservation, the study of the biomechanical properties was restricted to one adult femur from Atxuri-I. The studied parameters are summarized in Supplementary Table S1.

The 3D models of the bones derived from the CT-scans were aligned and the plugins Bone J (Doube et al., 2010) and MomentMacroJ (Ruff, 2006; www.hopkinsmedicine.org/fae/mmacro.html) of ImageJ were used to quantify the cross-sectional geometric properties (CSGP) of the bones.

The CSGP analysed in detail are percent cortical area (%CA) and the polar section modulus (Z_p). Percent cortical area (%CA = $(CA/TA) \times 100$) is a measure of cortical area relative to the total area of the cross section that reflects not only activity, but other lifestyle factors including nutrition and demographic factors such as age (e.g. Garn et al., 1967; Mays et al., 2009; Robbins Schug, 2011; Ruff, 2008, Ruff, 2018a). The polar section modulus (Z_p) represents the torsional and average bending strength and is considered the most appropriate indicator of the overall mechanical loading on bone (Ruff, 2002, 2008, Ruff, 2018a; Trinkaus and Ruff, 2012; Rodríguez et al., 2018).

In the case of the femur, the midshaft (at 50% of biomechanical

length) was studied (Ruff and Hayes, 1983; Trinkaus and Ruff, 2012; Ruff, 2008; Gosman et al., 2013; Macintosh et al., 2013), as it reflects habitual activity most strongly (Ruff, 2018b), but data from other cross-sectional locations are reported for reference.

The robusticity of the long bones is influenced by body mass and/or limb lengths and physical activity (Ruff et al., 1991; Marchi et al., 2006; Ruff, 2008), therefore, CSGP data must be standardised to remove the effects of body size and bone lengths in order to study patterns of habitual activity (Ruff et al., 1991; Ruff, 2000; Davies and Stock, 2014). The polar section modulus (Z_p) was standardised by dividing by the product of body mass and bone length (Ruff, 2000, 2002; Ruff, 2018a; Sparacello et al., 2018). %CA is by its nature self-standardising.

Univariate comparative analysis was done on both %CA and Z_p using z-scores, which were calculated by subtracting the comparative sample mean from the Atxuri-I value and dividing by the standard deviation (SD) of the comparative sample (Gómez-Olivencia et al., 2019). In a normal distribution, the values beyond 1.96 and 2.576 SD from the mean indicate that the variable is significant at $p < 0.05$ and $p < 0.01$ respectively (Sokal and Rohlf, 1981).

3.8. Paleopathology

All the bones were examined macroscopically for any anomalies that could constitute pathological lesions, and differential diagnoses were made where possible (Buikstra and Ubelaker, 1994; Rogers and Waldron, 1995; White and Folkens, 2005).

3.9. Direct radiocarbon dating of the human remains

Two human remains from the site of Atxuri-I were selected: a rib fragment and a femur fragment. In the case of Txotxinkoba, four right humeral bones were selected for dating. All the samples were sent to Beta Analytics Inc (Florida, USA) and dated using AMS methodology, which is more suitable for this material since it requires smaller samples. Standard collagen extraction methodology, including alkali pre-treatments, was applied.

Dates were calibrated using Oxcal v.4.4. software (Bronk Ramsey, 1998, Bronk Ramsey, 2009) and the IntCal120 calibration curve for terrestrial samples and Marine20 curve for samples showing marine protein in the diet (Heaton et al., 2020; Reimer et al., 2020; see Table 1).

3.10. Taphonomic observations

To consider the taphonomic history of the deposits we studied different indicators based on bone representation and completeness. To evaluate the survival of skeletal elements, we calculated the Bone Representation Index (BRI) by comparing expected and observed values following the following formula:

$$BRI = (MNE_{observed} / MNE_{expected}) * 100$$

** where MNE expected corresponds to the N of elements expected in the context if all individuals were complete.

As in many cases subadult individuals are underrepresented, we calculated this index twice: including only adults, and the second including subadults (teeth were not included in these calculations).

The percentage completeness of preserved elements was calculated following Morlan (1994) and Mack et al. (2016):

$$\text{Percentage of Completeness} = ((P_{preserved} / NISP) / P_{defined}) * 100$$

** where Ppreserved stands for “Portions Preserved” in each bone (all landmarks/zones/segments recorded for an element), Pdefined stands for “Portions Defined” (the total number of landmarks/zones/segments defined on a complete bone), and NISP is the total Number of Identified Specimens for that element (Lyman, 1994).

4. Results

4.1. Direct radiocarbon dating of the Atxuri-I and Txotxinkoba human remains in the atlantic Western Pyrenees context

Here we present for the first time six new dates from the two studied sites (Table 1, Supplementary Table S2). The two human samples from Atxuri-I have yielded two very different dates: the rib fragment dates to $7,290 \pm 30$ BP (6,224–6,076 cal BCE), which corresponds to the Mesolithic in the region and is similar to the date obtained in Linatzeta (Tapia Sagarna et al., 2008, Table 1). The complete femur yielded a date of $3,570 \pm 30$ BP (2,023–1,778 cal BCE), corresponding to the Early Bronze Age. This date is similar to that obtained in Kobaederra, and one of the individuals from Lumentxa, among others (Ibañez et al., 1999; García-Sagastibelza et al., this volume, Table 1). The four radiocarbon dates, belonging to four different individuals, from Txotxinkoba are similar to one another ranging from 4,420 to 4,250 BP (3,322–2,704 cal BCE), indicating funerary use of the cave during the Chalcolithic. These dates are similar to those from Lacilla II (Euskal Arkeologia Etnografía eta Kondaira Museoa/Museo Arqueológico, Etnográfico e Histórico Vasco, 1995; Gil Abad and Llamasos Rubio, 2016–2017), Arantzazu (Armendariz and Etxeberria, 1996; Armendariz et al., 1998) and Abautz (Utrilla et al., 2015) (Table 1).

In the AWP area there are more than 187 sepulchral caves with presumed Holocene burials, and there are 74 direct dates on human bones from a total of 38 sites including the novel data presented in this study (Table 1). These dates show that the funerary use of the caves during the Holocene spanned, at least, from 8,300 BP to 1,130 BP. These direct dates include certain cases of human remains found on the surface of a site with long chronologies and not directly associated with any archaeological artifact (e.g., Arlanpe; Gómez-Olivencia, 2013; Rios-Garaizar et al., 2013), to sites where the human remains have been found in layers which are both chronologically and techno-tipologically consistent with the direct radiocarbon date from the human remains (e.g., Lumentxa; García-Sagastibelza et al., this volume).

Based on the still limited number of directly dated individuals relative to the total number of individuals found in caves, we can observe two patterns. First, most of the largest accumulations of human remains are found in sites with Chalcolithic burials, such as Lacilla II, Pico Ramos, Urtao II and Abautz. All of these caves present similar dates between 4,600 and 4,000 BP. Urtao also contained a large MNI (25) but its three ^{14}C dates correspond to the Bronze Age (3,475–3,430 BP) (Altuna and de la Rúa, 1989). The caves that show long-term use, such as Lumentxa, Santimamiñe, Marizulo or Aizpea generally contain small numbers of individuals, roughly between five and nine (Table 1).

4.2. Atxuri-I

4.2.1. Minimum number of individuals, age-at-death and sex assessment

The total number of human bone fragments recovered from Atxuri-I is 387, which correspond to 366 identifiable bone specimens (neurocrania were not taken into account due to fragmentation), which represent a minimum of nine individuals (Table 2). Six adults and one immature individual were identified based on the number of 1st right metatarsals (Fig. 2). Two additional subadults were identified based on age-at-death incompatibilities. The anatomical elements assigned to each individual can be seen in Table 2, and the full bone inventory in Table 3.

The three subadult individuals have different estimated ages-at-death (Table 2). The youngest individual was 3–4 years old based on the maximum length of the ulna. The second individual has an estimated age-at-death between 6 and 8 years old, based on the erupted first permanent molar and the presence of the second molar still in the crypt. The third individual has an estimated age-at-death between 13 and 16 years old based on the lack of fusion of the proximal epiphysis of the first metatarsal. Among the adults, age-at-death was estimated based on

Table 1
Cave sites in the Atlantic Western Pyrenees with directly dated human remains.

Site ^a	Location	Lab. Code	Radiocarbon date (BP)	Calibrated BCE age (95%)	Minimum number of individuals	Age at death	Sex determination	References
Biscay								
Abittaga	Amoroto	Ua-64120	3,478 ± 36	1,895–1,689	1	1 adult	Female?	Ríos-Garaizar et al. (in press)
Arlanpe	Lemoa	Beta-339110	3,580 ± 30	2,028–1,782	2	2 adults	–	Gómez-Olivencia (2013); Ríos-Garaizar et al. (2013)
		Beta-299200	3,510 ± 30	1,922–1,746				
		Beta-272221	3,180 ± 40	1,519–1,321				
Askondo	Mañaria	Beta-303669	3,290 ± 40	1,677–1,452	2	10 years old individual	–	Gómez-Olivencia (2012); Ríos-Garaizar and Garate Maidagán (2012)
Atxuri I	Mañaria	Beta-443326	7,290 ± 30	6,224–6,076	9	3 subadults and 6 adults	At least 1 male and 1 female	García-Sagastibelza (2017) This study
		Beta-493406	3,570 ± 30	2,023–1,778				
Covachón III	Zierbena	Ua-50093	4,065 ± 32	2,847–2,475	1	adult	–	Gómez-Olivencia et al. (2015)
Gerrandixo	Ibarrangelu	I-3197	3,090 ± 100	1,598–1,048	2	–	–	Apellániz and Nolte. (1967)
Kobaederra	Kortezubi	AA-29109	3,545 ± 60	2,113–1,694	1	–	Male	Ibáñez et al. (1999)
Lacilla II	Sopuerta	Ua-44279	4,335 ± 60	3,321–2,783	57	6 infants, 7 juveniles and 44 adults	–	E.A.E.K.M., (1995); Gil Abad and Llamas Rubio (2016–2017)
Las Pajucas	Lanestosa	I-3513	3,710 ± 130	2,469–1,751	2	At least 1 subadult	–	Apellániz and Nolte. (1967)
Lumentxa	Lekeitio	OxA-18236 ^b	6,122 ± 38	4,952–4,726	7	2 subadults, 1 subadult-adolescent, 1 adolescent-young adult and 3 adults	1 male and 1 female	Arias (2012); García Sagastibelza et al. (this volume)
		CNA-5114.1.1 ^b	6,110 ± 35	4,936–4,726				
		Ua-12665	5,105 ± 80	4,157–3,657				
		CNA-5113.1.1	4,810 ± 35	3,646–3,526				
		Beta-493405	4,780 ± 30	3,640–3,518				
		Beta-493404	3,550 ± 30	2,014–1,771				
Pico Ramos	Muskiz	I-16798	4,790 ± 110	3,913–3,345	104	All the age ranges	At least 8 females and 8 males	Baraybar and De la Rúa (1995); Zapata (1995)
		I-16501	4,210 ± 110	3,092–2,474				
		I-16797	4,100 ± 110	2,912–2,346				
Punta Lucero II	Zierbena	Ua-50094	4,687 ± 34	3,617–3,369	1	1 subadult	Indeterminate	Gómez-Olivencia et al. (2015)
Santimamiñe	Kortezubi	Beta-307665	6,130 ± 40	4,980–4,730	9	2 infants, 3 young adults and 1 old adult	At least 3 males and 1 female	Herrasti and Etxeberria (2011); López Quintana and Guenaga-Lizasu (2011); López Quintana et al., 2015
		Beta-240896	3,710 ± 40	2,275–1,973				
		Beta-307664	3,370 ± 30	1,743–1,542				
		Beta-307667	3,370 ± 30	1,743–1,542				
		Beta-307669	3,240 ± 30	1,607–1,433				
		Beta-307666	3,130 ± 30	1,496–1,298				
		Beta-307668	1,740 ± 30	245–402				
Txotxinkoba	Gizaburuaga	Beta-542719	4,310 ± 30	3,011–2,885	14	At least 2 subadults and 8 adults	At least 2 males and 2 females	This study
		Beta-542720	4,250 ± 30	2,916–2,704				
		Beta-542721	4,400 ± 30	3,265–2,913				
		Beta-542722	4,420 ± 30	3,322–2,921				
Urratxa III	Orozko	Ua-11430	3,405 ± 70	1,886–1,520	12	1 phoetus, 6 subadults and 5 adults,	–	Muñoz Salvatierra and Berganza (1997); de la Rúa et al. (1997)
		Ua-11431	3,475 ± 80	2,022–1,546				
		Ua-11432	3,365 ± 80	1,881–1,463				
Gipuzkoa								
Aintzulo	Errezil	Ua-21155	4,495 ± 50	3,362–3,025	–	–	–	Altuna-Etxabe and Mariezkurrena-Gastearena (2013)
Arantzazu	Oñati	Ua-11849	4,390 ± 55	3,330–2,898	2	1 infant and 1 adult	–	Armendariz and Etxeberria (1996); Armendariz et al. (1998)
Ekain	Deba	Ua-36855	4,960 ± 60	3,945–3,639	–	–	–	Altuna (2009)
Iruaxpe I	Aretxabaleta	I-14097	4,130 ± 110	3,008–2,350	15	4 infants, 4 juveniles and 7 adults	At least 2 males	Armendariz (1987)
J3	Hondarribia		8,300 ± 50	7,594–7,379	1		male	Iriarte et al. (2005)

(continued on next page)

Table 1 (continued)

Site ^a	Location	Lab. Code	Radiocarbon date (BP)	Calibrated BCE age (95%)	Minimum number of individuals	Age at death	Sex determination	References
		GrA-23733 ^b				adult (20–40 years old and maybe 30–40 years old)		
Karea B	Aia	OxA-33771	4,125 ± 35	2,871–2,578	–	–	–	Aranburu-Mendizabal et al. (2018)
Langatxo	Mutriku	Ua-3328	3,820 ± 55	2,462–2,066	–	–	–	Zumalabe (1993)
Linatzeta	Deba	KIA-33193 ^b	7,315 ± 35	6,086–5,925	3	1 infant	–	Tapia Sagarna et al. (2008)
Marizulo	Urnieta	Ua-4818 GrN-5992	5,315 ± 100 5,285 ± 65 (individual)	4,346–3,960 4,319–3,976	5	1 infant, 1 juvenile and 2 adults (1 of them with 25 years old)	At least 1 male	Laborde et al. (1967); Cava (1978); Altuna et al. (1995)
		Ua-10374	4,585 ± 80	3,617–3,027				
Nardakoste IV	Oñati	Ua-11848	3,810 ± 65	2,463–2,041	14	5 subadults (1 foetus, 3 infants and 1 juvenile) and 9 adults	At least 6 males and 2 females	Armendariz et al. (1998)
San Adrian	Aizkorri	Ua-44255	3,311 ± 30	1,670–1,505	2	1 infant and 1 adult		Tapia et al. (2016)
Urtao II	Oñati	I-14822	4,610 ± 120 (north gallery)	3,639–3,011	9	4 adults, 2 juveniles and 3 infants		Armendariz (1989); Etxeberria (1989)
		I-14821	4,490 ± 170 (south gallery)	3,638–2,703	42	At least 3 infants, 2 juveniles and 31 adults,	both sexes	
Urtiaga	Deba	Ua-426 Ua-506 Ua-505	3,475 ± 120 3,445 ± 110 3,430 ± 100	2,134–1,506 2,110–1,500 2,014–1,504	25	At least 1 infant and 5 adults	At least 1 male	de la Rúa (1985); Altuna and de la Rúa (1989) López-Onaindia and Subirà (2017)
Navarre								
Abauntz	Arraiz	CSIC 785 GrA-37325	4,370 ± 70 4,025 ± 35	3,332–2,885 2,662–2,465	>100	At least 1 infant, 2 children, 1 subjuvenile, 3 young and 6 adults (1 individual with 50 years old and 1 older than 30 years old)	At least 5 males and 4 females	Utrilla et al. (2015)
Aizpea	Arive	GrA-779 GrN-16620 GrN-16621 GrN-16622 GrN-18421	6,600 ± 50 5,840 ± 70 5,210 ± 70 4,880 ± 70 4,420 ± 70	5,622–5,478 4,892–4,506 4,244–3,805 3,932–3,518 3,338–2,910	1	At least 1 adult (30 years old)	At least 1 female	Barandiarán and Cava (2001); de la Rúa et al. (2002)
Padre Areso	Bigüézal	GrN-14597 GrN-14596	3,020 ± 35 1,130 ± 60	1,397–1,128 772–1,025	At least 2	At least 1 young adult	At least 1 male	Begiristain (1997)
Béarn								
Laà 3	Arudy		4,197 ± 50	2,901–2,629	1	Adult		Dumontier et al. (2014,2016); Courtaud et al. (2018)
Bordelela 1	Arudy	Ly-11876	4,470 ± 30	3,340–3,026	7	1 subadult (<5 years old) and 6 adults		Dumontier et al. (2014,2016); Courtaud et al. (2018)
Bordelela 2	Arudy	Poz-69595	4,075 ± 35	2,857–2,476	3	1 subadult (around 1 year old) and 2 adults		Dumontier et al. (2014,2016); Courtaud et al. (2018)
Houn de Laà	Arudy	Erl-19174 Erl-19173	4,449 ± 51 4,401 ± 49	3,340–2,928 3,329–2,906	15	5 subadults (1 perinatal and 4 infants) and 10 adults		Dumontier et al. (2014,2016); Courtaud et al. (2018)
Grotte Laplace	Arudy	Ly-11874	4,150 ± 35	2,879–2,586	5	3 subadults and 2 adults		Blanc (1989); Dumontier et al. (2014,2016); Courtaud et al. (2018)
Grotte de Garli	Arudy	Ly-11873 Erl-19171 Beta-308779	4,105 ± 35 4,986 ± 49 3,970 ± 30	2,868–2,501 3,945–3,648 2,575–2,350	4	3 subadults and 1 adult		Ébrard (2013); Dumontier et al. (2014,2016); Courtaud et al. (2018)
Larrun I	Arudy	Erl-19170	4,661 ± 48	3,622–3,356	2	2 subadults (3 ± 1 and 8.5 ± 1)		Dumontier et al. (2014), Dumontier et al. (2016); Courtaud et al. (2018)

^a Organized alphabetically by province.^b Calibrated using the curve Marine 20.

Table 2
Minimum number of individuals (MNI) represented at Atxuri I and Txotxinkoba.

Site	Developmental state	Individual number	Estimated age-at-death ^a (years)	Sex assessment	Associated elements
Atxuri I	Subadults	1	3–4	-	2nd upper deciduous molar, thoracic vertebra, lumbar vertebra, ulna, indeterminate metatarsus
		2	6–8	-	mandible, canine, 1st lower deciduous molar, indeterminate metatarsus
	Adults	3	13–16	-	2 thoracic vertebrae, 2 lumbar vertebrae, 1st metatarsus, 3rd metatarsus see Table 3
		4	18-22/20-24	2 males (1 humerus and 2 metatarsals) and 4 females (1 humerus, 1 femur and 6 metatarsals)	
		5	20-24/24-30		
		6	>40-50		
Txotxinkoba	Subadults	7–9	-	-	unfused vertebral arches, several teeth on early stages of development
		1	<6	-	vertebrae with fused arches but unfused rings see Table 3
	Adults	2	6–16	-	
		3–14	At least one individual >30 (right coxal)	At least 2 males (2 left coxal bones, 4 metatarsals), 3 females (right coxal, 5 metatarsals)	

^a See Supplementary Table S3.

dental wear. Two of the mandibles belonged to individuals older than 35 years, and another individual was between 21 and 35 years old when he/she died. Regarding the maxillae, age-at-death estimates range between 18 and 24, 20–30 and 40–50 years for the three individuals in which it has been possible to estimate the age-at-death by this method (Supplementary Table S3).

Sex assessment for two humeri suggests the presence of both males and females in the Atxuri collection. One femur, which was biomechanically studied, was also assessed as probably female. The assessment of sex based on the k-means analysis using the maximum length of the first and second metatarsals indicates the presence of at least two males and five females (Table 4).

4.2.2. Stature and body mass estimation

The complete femur, previously determined as probably female, provided an estimated stature of 160.4 cm and a body mass estimate of 53.1 kg. The stature for the female individuals using the first metatarsals ranged between 158.8 and 163.0 cm (Table 4). The second metatarsal, presumably belonging to a female individual, gives an estimated stature of 151.8 cm. In contrast, the stature in males has been estimated between 175.3 and 176.6 cm.

4.2.3. Biomechanical analysis

Due to the uncertainty regarding the sex assessment of the femur (probably female), the data were compared to both male and female samples. The results of the standardised and non-standardised biomechanical analyses of the Atxuri-I femur are summarized in Table 5 and Supplementary Tables S4 and S5. The mid-shaft section and other sections of the femur are illustrated in Fig. 3. The comparison of Atxuri-I to different samples is represented in Fig. 4. The comparative sample database of different chronologies from the Iberian Peninsula, and France and Italy and the results of the z-score analysis are summarized in Supplementary Table S6.

4.2.3.1. Relative cortical area (%CA). The %CA value of the Bronze Age Atxuri-I femur, is similar to the both Bronze age male comparative sample medians and shows an intermediate value between the female comparative samples from the same period (Fig. 4). The z-score analysis shows that the Atxuri-I is closer to the female mean than to the male mean (Supplementary Table S6). The z-score analysis also shows that the %CA value of Atxuri-I femur is significantly greater than the Early Medieval male sample from Jau-Dignac-et-Loirac and the female sample from the Iberian Peninsula (Supplementary Table S6).

4.2.3.2. Polar section modulus (Z_p). The relative strength (Z_p) of the Bronze Age Atxuri-I femur shows an intermediate value between the Bronze age male comparative sample medians and is similar to the Iberian female comparative sample median (Fig. 4). The z-score analysis shows that, when compared to the Bronze Age Iberian samples, the Z_p value of Atxuri-I is significantly below the male mean and very close (z-score = 0.07) to the female mean (Supplementary Table S6). The z-score analysis also shows that the Z_p value of Atxuri-I femur is also significantly below the two Early Medieval male samples (Supplementary Table S6).

In summary, the Bronze Age individual Atxuri-I shows the strong affinities with the Bronze age female sample from the Iberian Peninsula, but falls within the range of samples from most other periods and locations.

4.2.4. Pathological lesions and anomalies

The majority of pathological anomalies were observed in the cranio-dental remains, including caries and plaque affecting a large number of teeth from different individuals. Regarding the postcranial remains, a proximal foot phalanx shows osteochondritis on the proximal surface. A cervical vertebra also shows the presence of osteophytes and porosity, as

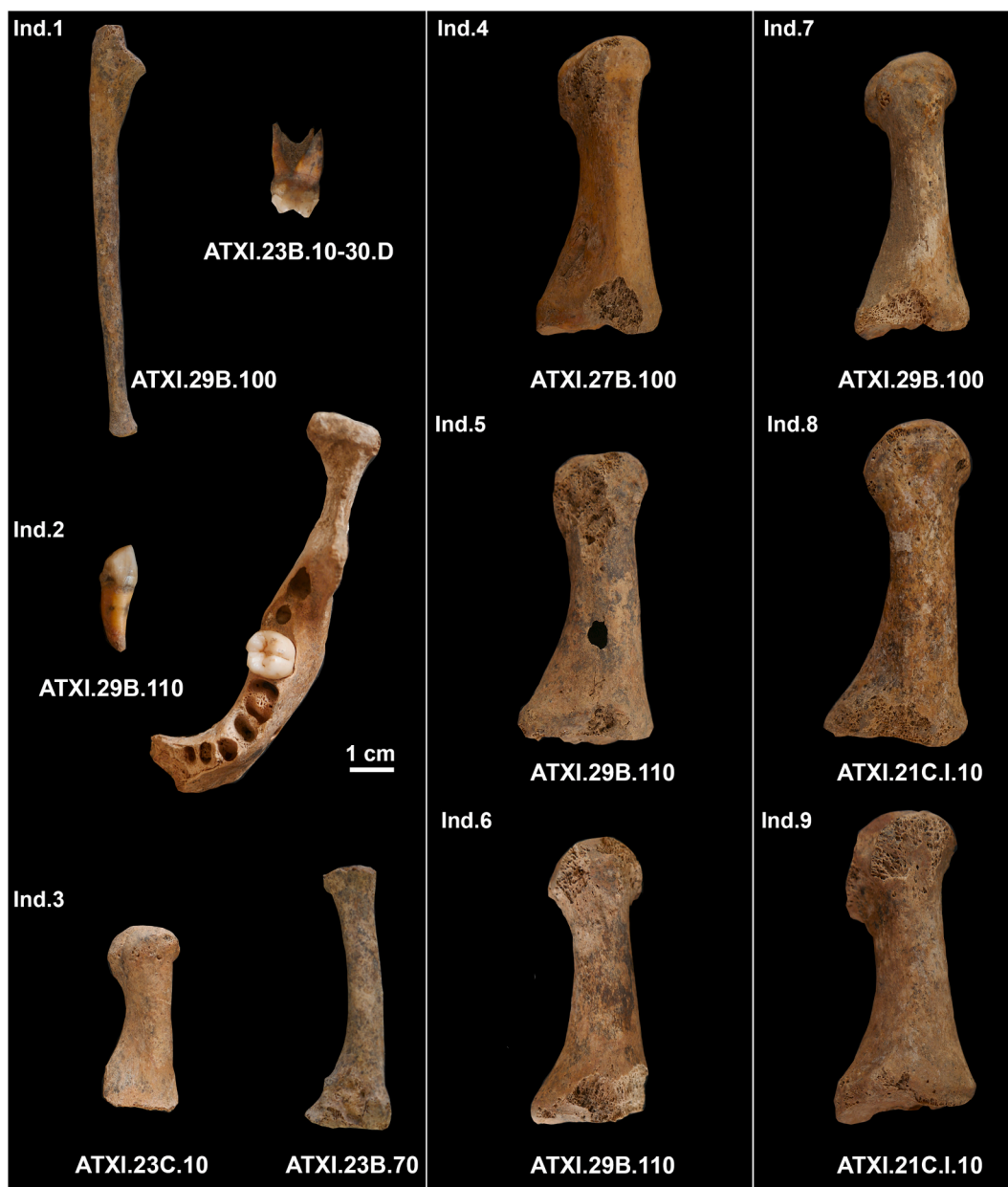


Fig. 2. Minimum number of individuals (MNI = 9) represented in the Atxuri-I human bone assemblage (see Table 2). Individuals 1–3 are subadults, while individuals 4–9 are adults. Individual 1 (3–4 years old) is represented by an ulna (mesial view) and a second upper deciduous molar (buccal view). Individual 2 (6–8 years old) is represented by a deciduous canine (lingual view) and a mandible (occlusal view). Individual 3 (13–16 years old) is represented by two metatarsals (mesial views). Individuals 4–9 (adults) are represented by right first metatarsals (medial view).

well as deformation of the vertebral body and lower left articular facet, that could indicate arthrosis (Campillo, 2001). Finally, one of the maxillae shows a rotated first upper left premolar (P^3) (Fig. 5).

4.3. Txotxinkoba

4.3.1. Minimum number of individuals, age-at-death, sex assessment and stature estimation

The total number of human bone fragments recovered from Txotxinkoba is 1,234, which correspond to 578 identifiable bone specimens and 290 identifiable human teeth (NISP = 868). Once analysed, these specimens gave a total (both left and right side) of 668 identified bones excluding fragments that could not be lateralised (Table 3). The anatomical elements assigned to each individual can be seen in Table 2, and the full bone inventory in Table 3.

A minimum of 14 individuals are represented in the collection, including three subadult individuals (Table 2), based on the repetition of four dental remains (12, 32, 34 and 44). From the postcranium, the highest MNI is eight individuals based on the number of left clavicles (Fig. 6). One individual was <6 years old at death based on the absence of fusion between the vertebral body and the neural arch. The other subadult is an individual between the ages 6 and 16. Using the coxal bones recovered from the cave we have been able to estimate the sex and approximate age-at-death of some of the adults. This collection includes five left coxal bones and two from the right side: all of them, except for one of the right coxae, belong to adult individuals as all have fused epiphyses. Amongst the left coxal bones, sex could be accurately estimated for two of them, both males. The adult right coxal corresponds to a female aged around 30 years. There was also a left coxal that despite being robust, shows a well delimited pre-auricular sulcus, and which

Table 3

Anatomical representation, Number of remains (NR) and minimum number of elements (MNE) by age-at-death of the Atxuri I and Txotxinkoba osteological collections.

Anatomical region	Atxuri-I					Txotxinkoba				
	NR	MNE				NR	MNE			
		Adult	Subadult	Indet.	Total		Adult	Subadult	Indet.	Total
Cranium	44				^a	90	3	1		4
Maxillae	7	3			3	3	2		1	3
Mandibles	5	3	1		4	21	5	1		6
Teeth ^b	112				140	243				293
Hyoid						2		1		1
Cervical vertebrae	4	4			4	28	13	7	1	21
Thoracic vertebrae	12	9	3		12	33	24	4		28
Lumbar vertebrae	9	6	3		9	22	14	2		16
Sternum	1	1			1	4	3			3
Ribs	2	2			2	90				2
Clavicles	3	3			3	12	12			12
Scapulae	1	1			1	12	6			6
Humeri	4	4			4	27	10	2		12
Radii	2	2			2	19	8	1		9
Ulnae	6	5	1		6	23	15			15
Carpal Bones						9	9			9
Metacarpals	28	24	3	1	28	38	38			38
Hand phalanges	72	56	12	4	72	80	35			35
Coxae						21	5	1		6
Sacrum						4	1			1
Femora	3	3			3	32	5	1		6
Patellae						6	6			6
Tibiae	4	4			4	11	5	1		6
Fibulae	1	1			1	5	4			4
Tarsal bones	4	4			4	42	42			42
Metatarsals	28	20	5	3	28	45	43	1		44
Foot phalanges	35	24	9	2	35	43	43			43
Total identified bone elements	387	179	37	10	366	1,234	642	25	1	668

^a In the case of Atxuri-I the fragmentation of the cranium has not allowed to determine the MNE.

^b The NR in teeth only accounts for isolated teeth, the MNE accounts for both isolated and *in situ* (mandibular and/or maxillary) teeth.

Table 4

The estimation of stature (±SEE; all in cm) from the first and seconde metatarsal bones (Pablos et al., 2013) for individuals from Atxuri-I and Txotxinkoba.

Anatomical region	Label	Side	Determined sex	Maximum length (mm)	Pooled sex ^a	Male ^b	Female ^b
Atxuri-I							
1° metatarsal	ATXI.19C.V.50	R	F	61.35	165.1 ± 4.85		163.0 ± 2.91
1° metatarsal	ATXI.21B.II.20.4	L	F	61.35	165.1 ± 4.85		163.0 ± 2.91
1° metatarsal	ATXI.21C.I.10	R	M	66.1	172.0 ± 4.85	175.3 ± 3.68	
1° metatarsal	ATXI.25B.90	R	M	67.45	174.0 ± 4.85	176.6 ± 3.68	
1° metatarsal	ATXI.27B.100	R	F	59.45	162.3 ± 4.85		160.4 ± 2.91
1° metatarsal	ATXI.29B.100	R	F	59.00	161.7 ± 4.85		159.8 ± 2.91
1° metatarsal	ATXI.29B.110	R	F	58.25	160.6 ± 4.85		158.8 ± 2.91
2° metatarsal	ATXI.25B.35	R	F	63.95	152.6 ± 5.49		151.8 ± 3.80
	Total				164.2 ± 6.73 (152.6–174.0) n = 8	176.0 ± 0.92 (175.3–176.6) n = 2	159.5 ± 4.13 (151.8–163.0) n = 6
Txotxinkoba							
1° metatarsal	11B plano 10 1,36–1,42	R	F	60.2	163.4 ± 4.85		161.4 ± 2.91
1° metatarsal	11C plano4 1,29–1,49	L	F	61.3	165.0 ± 4.85		162.9 ± 2.91
1° metatarsal	13D Nivel2	R	F	61.4	165.2 ± 4.85		163.0 ± 2.91
1° metatarsal	9B pl 23 1,60–1,72	L	F	59.4	162.2 ± 4.85		160.3 ± 2.91
2° metatarsal	11a. 1,31–1,33	L	F	64.51	153.3 ± 5.49		152.4 ± 3.80
2° metatarsal	11a. 1,31–1,34	L	M	70.1	160.5 ± 5.49	168.4 ± 3.44	
2° metatarsal	11B 1,28–1,36	R	M	69.4	159.6 ± 5.49	167.8 ± 3.44	
2° metatarsal	13D Nivel3	R	M	73.3	164.6 ± 5.49	170.1 ± 3.44	
2° metatarsal	9B 1,54–1,60	L	M	71.24	161.9 ± 5.49	169.3 ± 3.44	
	Total				161.7 ± 3.73 (153.3–165.2) n = 9	168.9 ± 1.01 (167.8–170.1) n = 4	160.0 ± 4.39 (152.4–163.0) n = 5

*Two estimates are provided for each bone: one using formulae based on a pooled sex sample and another using sex-specific formulae based on the results of the k-means analyses.

SEE= Standard error of estimate.

^a Using formulae derived from a pooled sex and ancestry sample.

^b Using formulae derived from Euroamerican samples.

Table 5

Raw (non-standardised) and standardised cross-sectional geometric properties of the left femur of the site of Atxuri-I (label: ATXI.27B.70).

Section level	%CA	Z _p (non-standardised)	Z _p (standardised)
20	40.43		
35	63.60		
50	77.98	2513.01	1092.77
65	83.84		
80	69.59		

Estimated stature from this bone = 160.4 cm and estimated body mass = 53.1 kg.

Maximum length of the femur: 433 mm.

Polar section modulus (Z_p) is measured in mm³.

corresponds to an individual older than 30 (Table 2). The k-means analysis on the maximum length of nine metatarsals suggest the presence of at least two females and two males (Table 4).

The estimated stature for the putative female individuals from Txotxinkoba ranged between 152.4 and 163.0 cm, while the males ranged from 167.8 to 170.1 cm (Table 4).

4.3.2. Pathological lesions and anomalies

The fragmentary nature of the bones prevents a systematic analysis of the pathologies present in this sample. Nonetheless, some lesions and anomalies were identified (Fig. 7). There is an individual that shows Baastrup syndrome in several of the lumbar vertebrae, a degenerative condition generally produced by excessive lordosis or extensive disk-space loss, which derives in the close proximity and contact of the spinous processes (Resnick, 1985). In addition, there is a fifth right metacarpal showing an antemortem and completely healed oblique fracture. Several foot phalanges also show signs of inflammation at the distal end, and osteochondritis was observed in the proximal facet of one first foot phalanx. Finally, a well-preserved maxilla shows a severe caries on the first molar and a probably related abscess that affects the palatal area of the bone (Fig. 7).

4.4. Preliminary taphonomic observations

At a macroscopic level, the bones presented no evidence of cut-marks or anthropic modifications at either site. Some chemical alteration due to the composition of the soil and running water was present, although not widespread on the bones. Also, some bones showed evidence of being burned or in contact with fire, but there was no evidence of incineration.

Regarding the representation of different bones, in Atxuri-I there is an evident underrepresentation of crania, vertebrae, and bones from the pelvis (Supplementary Figure S2). In fact, most of the preserved bones are phalanges (Table 3). From the bones where we have calculated the BRI, MT1 is the most represented in the whole sample (78%), and is present in 100% of the adults (Supplementary Figure S2). Regarding the bone completeness index, most of the Atxuri-I bones are highly complete (most of them above 50%) (Supplementary Figure S2). Unsurprisingly, long bones are less complete than metacarpals, metatarsals and tarsal bones.

Bone representation is higher and more even in Txotxinkoba, where the least represented bones are the hyoid, sacrum and the distal phalanges of the foot (Supplementary Figure S2). The clavicles and arm bones are relatively frequent in the sample. In fact, in adults, clavicles and ulnae are represented for all the individuals (Supplementary Figure S2). Nevertheless, compared to Atxuri-I, the bones are overall less complete (Supplementary Figure S2). In this case too, the more complete bones are small bones, such as metacarpals, metatarsals and phalanges.

5. Discussion

Atxuri-I has yielded the remains of a minimum of nine individuals,

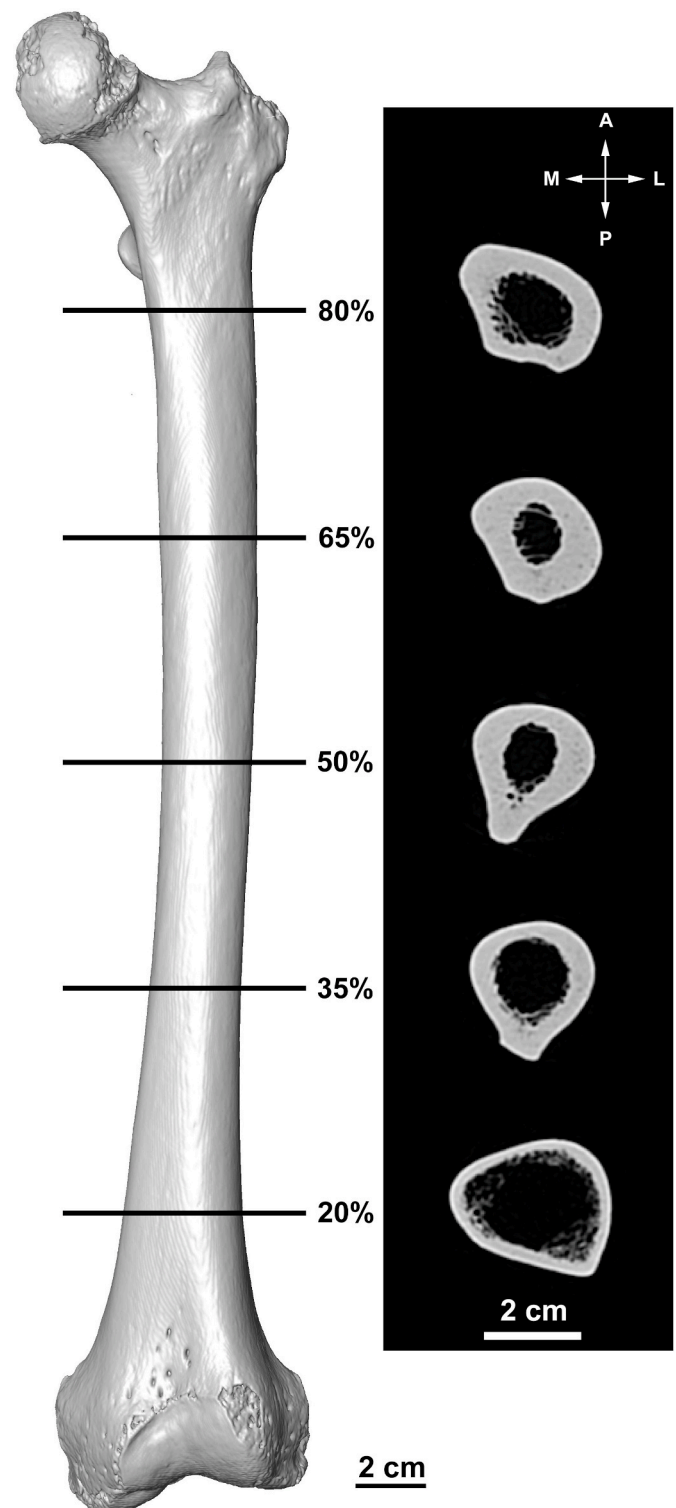


Fig. 3. Anterior view of the 3D surface model of the femur from Atxuri I (label: ATXI.27B.70). Five sections along the diaphysis of the bone were studied (20%, 35%, 50%, 65% and 80% of biomechanical length measured from the distal end).

two of which have been dated giving disparate results (Mesolithic and Bronze Age). Txotxinkoba has yielded 14 individuals and the four ¹⁴C dates show that they were inhumed during the Chalcolithic. Both caves contain the remains of a similar number of individuals, with variable degrees of representation and completeness.

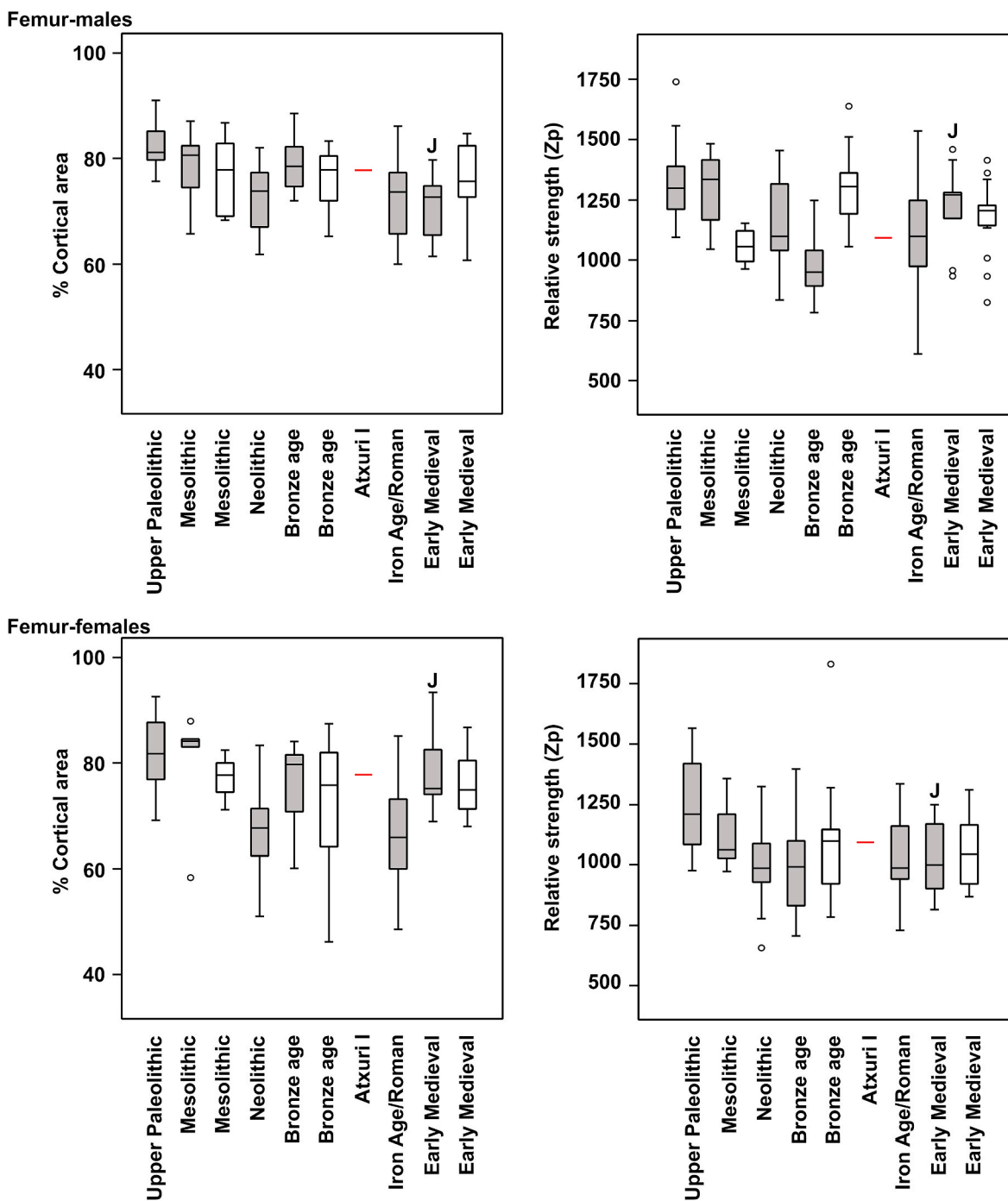


Fig. 4. Percentage cortical area and relative strength of the femur (mid-shaft) of the Bronze Age individual from Atxuri-I compared to a temporal male and female series from Western Europe. Grey boxes: France and Italy (Holt et al., 2018a); open boxes: Iberian Peninsula (Ruff and Garvin, 2018). J refers to the 7th -8th century Early Medieval sample from the Jau-Dignac-et-Loirac (this study). The Early Medieval sample from the Iberian Peninsula is from Santa María de Hito (Ruff and Garvin, 2018).

5.1. Skeletal representation and possible biases in Atxuri-I and Txotxinkoba

In many cases, the reconstruction of the inhumed population, including variation in element representation and demographic profile, can help identify the mortuary behaviours and taphonomic factors that have resulted in the commingling of the remains (Ubelaker, 1973; Adams and Konigsberg, 2008; Gerdau Radonić and Makowski, 2011). In both Atxuri-I and Txotxinkoba we have identified individuals of all ages and both sexes, thus their demographic profiles were roughly similar,

although the disparity in the dates of Atxuri-I precludes any meaningful comparison, as the demographic profile in this cave could be the result of accumulation over a long period of time. In the case of Txotxinkoba, this study provides a new determination of the number of inhumed individuals that is larger than the previous estimate (14 vs. 2; Apellániz and Nolte, 1967; Armendáriz, 1990).

Bone Representation Index (BRI) (without taking into consideration isolated teeth) gives an idea of whether any elements were disproportionately represented in the collection (Mack et al., 2016). We calculated BRI twice, one without including subadults and the other including them

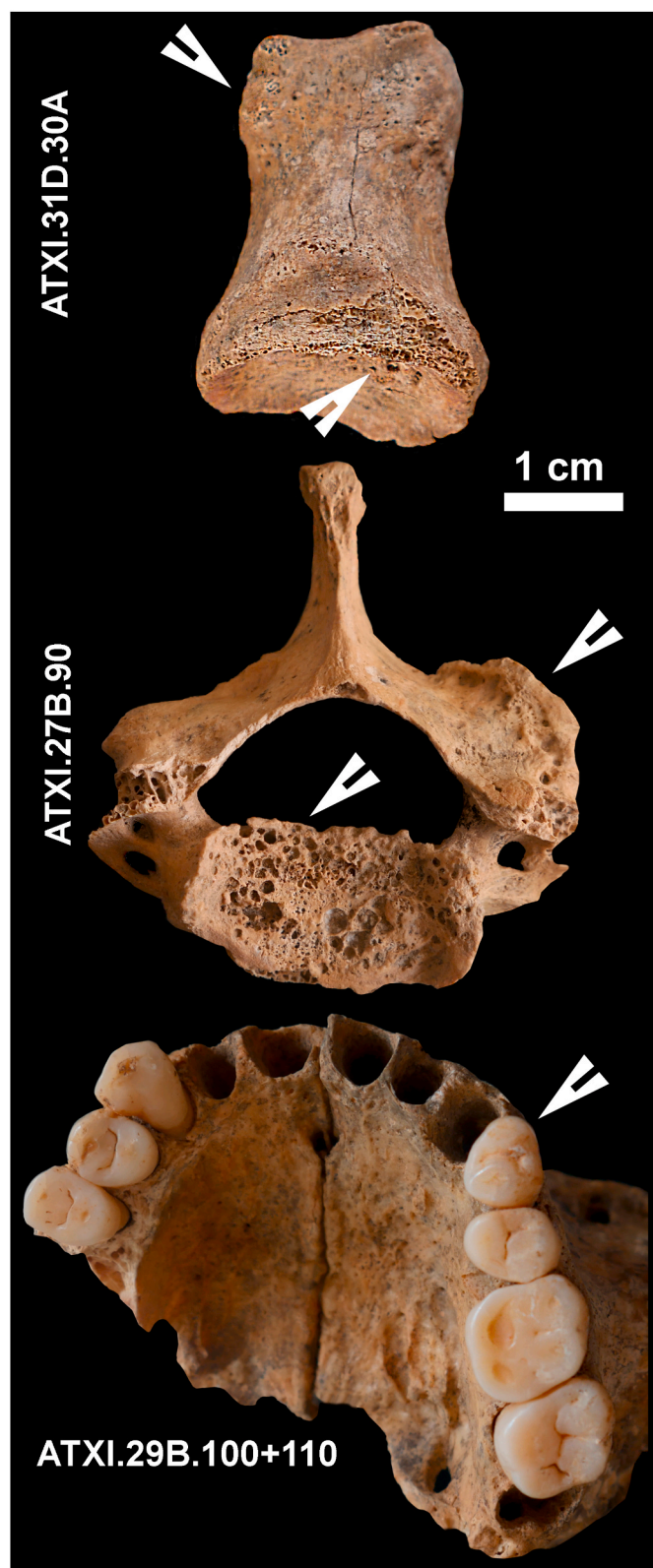


Fig. 5. Selected examples of anomalies and pathological lesions in the skeletal remains from Atxuri-I. Dorsal view of a foot phalanx with osteophytes and osteochondritis on the proximal surface (top); cranial view of a cervical vertebra with evidence of osteoarthritis on the cranial surface of the vertebral body and the lower left articular facet (middle); occlusal view of a maxilla with the first upper left premolar (P^3) rotated (bottom).

as usually they are less completely preserved. This underrepresentation of subadult individuals may occur due to the fragility of their bones, which can be more easily fragmented and/or decomposed. Alternatively, the bias could be the result of differential funerary practices, in which only a certain part of the population is inhumed (e.g., Fernández-Crespo and de la Rúa, 2015; Alt et al., 2016). The very long chronology for the Atxuri-I human assemblage precludes a detailed assessment. In the case of Txotxinkoba, the main limitation to fully assessing any potential bias in the demographic profile is the relatively small number of individuals represented (MNI = 14). Zapata (1995) provides information on the demographic profile of the largest Chalcolithic accumulation in the AWP (MNI = 104): Pico Ramos. This site preserves individuals of all ages-at-death with the following percentages: <13 years (40%); 13–21 years (29%); >21 years (31%) (Zapata, 1995). Future studies could use resampling methods (e.g., bootstrapping) in order to assess whether smaller samples could be accommodated within the age-at-death profiles of larger sites. The differences in bone representation between the two studied sites are evident mainly in the long bones and clavicles. Also, in Atxuri-I there is a clear underrepresentation of the vertebrae and hip bones. Logically, at both sites the BRI values decrease when adding the subadult bones, but not dramatically. Similar studies carried out on other prehistoric commingled burials have shown a higher representation of the cranium in comparison to the two sites analysed here (Mack et al., 2016). Metatarsals, metacarpals and both hand and foot phalanges are represented similarly to other skeletal elements, and in Atxuri-I they are the most represented postcranial elements, indicating that in both sites that the burials were overall primary, as in secondary burials these elements are less likely to persist (Duday, 2011; Knüsel, 2014; Knüsel and Robb, 2016; Mack et al., 2016). In addition, the fact that the elements with the lowest percentages of recovery correspond to those from the axial skeleton might be explained due to their thinner cortical bone, which makes them more susceptible to taphonomic damage. Lastly, the low preservation of long bones in Atxuri-I might indicate that these were selectively taken from the deposit during prehistoric cleaning episodes of the cave (Knüsel, 2014; Knüsel and Robb, 2016). Another hypothesis is that due to the fast intervention, only better-preserved remains were recovered during the excavation of Atxuri-I.

The Percentage Completeness indicates that for those bones that were comparable, elements from Atxuri-I are more complete than those from Txotxinkoba. This evidence is clearest in the metacarpals and metatarsals, which could indicate differences in the physical-chemical conditions prior to the recovery of these bones. Txotxinkoba shows relatively low completeness percentages for the cranium, mandible and axial bones. Also, similar to the values reported by Mack and collaborators (2016) for the Bolores site, the major long bones do not exceed 30% completeness, and the most complete bones are metacarpals and metatarsals. The fact that long bones recovered from Atxuri-I are fewer but more complete may suggest selection of more complete elements at the time of excavation.

5.2. 2-The new Atxuri-I and Txotxinkoba chronologies in the Iberian context

Despite the lack of stratigraphy for Atxuri-I (Garate, 2012) different chronologies had been suggested for the inhumations at this site: Neolithic/Chalcolithic (Prieto, 2002) and Chalcolithic/Bronze Age (Fernández, 2005). In the case of Txotxinkoba, the excavators suggested that it belonged to the Chalcolithic Age and although they identified two levels, they argued that all burials corresponded to the same period (Apellániz and Nolte, 1967). The ^{14}C dates that we have obtained for each of the sites have shown that Atxuri-I, in contrast to previous assumptions (Prieto, 2002; Fernández, 2005) had a diachronic series of burials, from at least the Mesolithic to the Late Bronze Age. In contrast, at Txotxinkoba all the dates (representing 4 out of 14 individuals) correspond to a relatively restricted time period (3,322–2,704 cal BCE)



Fig. 6. Representation of the eight adult left clavicles from Txotxinkoba. Shaded region in the drawing represents the bone part preserved in each clavicle.

consistent with previous interpretations of the deposit as most probably pertaining to the Chalcolithic and with the typology of the associated archaeological artefacts. Moreover, in our study we have found bones from both levels that refit and bones corresponding to the same individuals that come from both levels, reinforcing the suggestion that all the burials correspond to a relatively short period of time. Both cases demonstrate how apparently similar commingled contexts can have contrasting origins (Ubelaker, 2002; Gerdau Radonić and Herrera, 2010; Gerdau Radonić and Makowski, 2011).

Considering the archaeological evidence available in the AWP, there are examples of both diachronic commingling and also of synchronic collective burials. Caves for which we have evidence of a funerary function across different time periods include Santimamiñe, Lumentxa, Marizulo, Aizpea (Laborde et al., 1967; Cava, 1978; Altuna et al., 1995; Alday Ruiz and Mujika Alustiza, 1999; Barandiarán and Cava, 2001; Herrasti and Etxeberria, 2011; López Quintana, 2011; López Quintana et al., 2015; García-Sagastibelza et al., this volume), each of which contain a total of 5–9 individuals (Table 1). In caves that were only used for burial purposes during the Chalcolithic, the number of inhumed individuals varies and in many cases, they comprise very large accumulations of individuals. Amongst these caves, Pico Ramos and Abautz stand out, with more than 100 individuals deposited in them (Baraybar and De la Rúa, 1995; Utrilla et al., 2015). While not synchronous strictly

speaking these accumulations occurred during a relatively shorter time with a more intense use than at the former sites.

Near the AWP, San Juan Ante Portam Latinam (Biasteri, Araba, in the Mediterranean watershed) is a rock-shelter where 338 individuals were buried in a short period of time during the Chalcolithic. Although it has been debated (de la Rúa et al., 1995), this burial has been interpreted by most authors as a single event related to a massacre due to the fact that many of the skeletons showed evidence of violence (Etxeberria and Vegas, 1988; Etxeberria and Herrasti, 2007; Fernández-Crespo, 2007; Fernández-Crespo et al., 2018).

In this study, we have not found any bias regarding sex or age-at-death in the inhumed individuals. This is consistent with previous studies of sites from the same region (Armendariz and Etxeberria, 1983; Ontañón and Armendáriz, 2005; Fernández-Crespo and de la Rúa, 2015, 2016).

Funerary practices in caves in the region are well recorded since the Mesolithic (Santimamiñe, Linatzeta, Atxuri-I). The Neolithisation process in the 5th millennium cal BCE and spread of the megaliths at the end of the 4th millennium cal BCE (Supplementary Table S7) did not involve the disappearance of funerary events in caves. Current archaeological evidence clearly indicates that both funerary phenomena are coeval both in the AWP (Supplementary Table S7) and Cantabrian region (Cubas et al., 2016). This behaviour is well recorded in the AWP and the

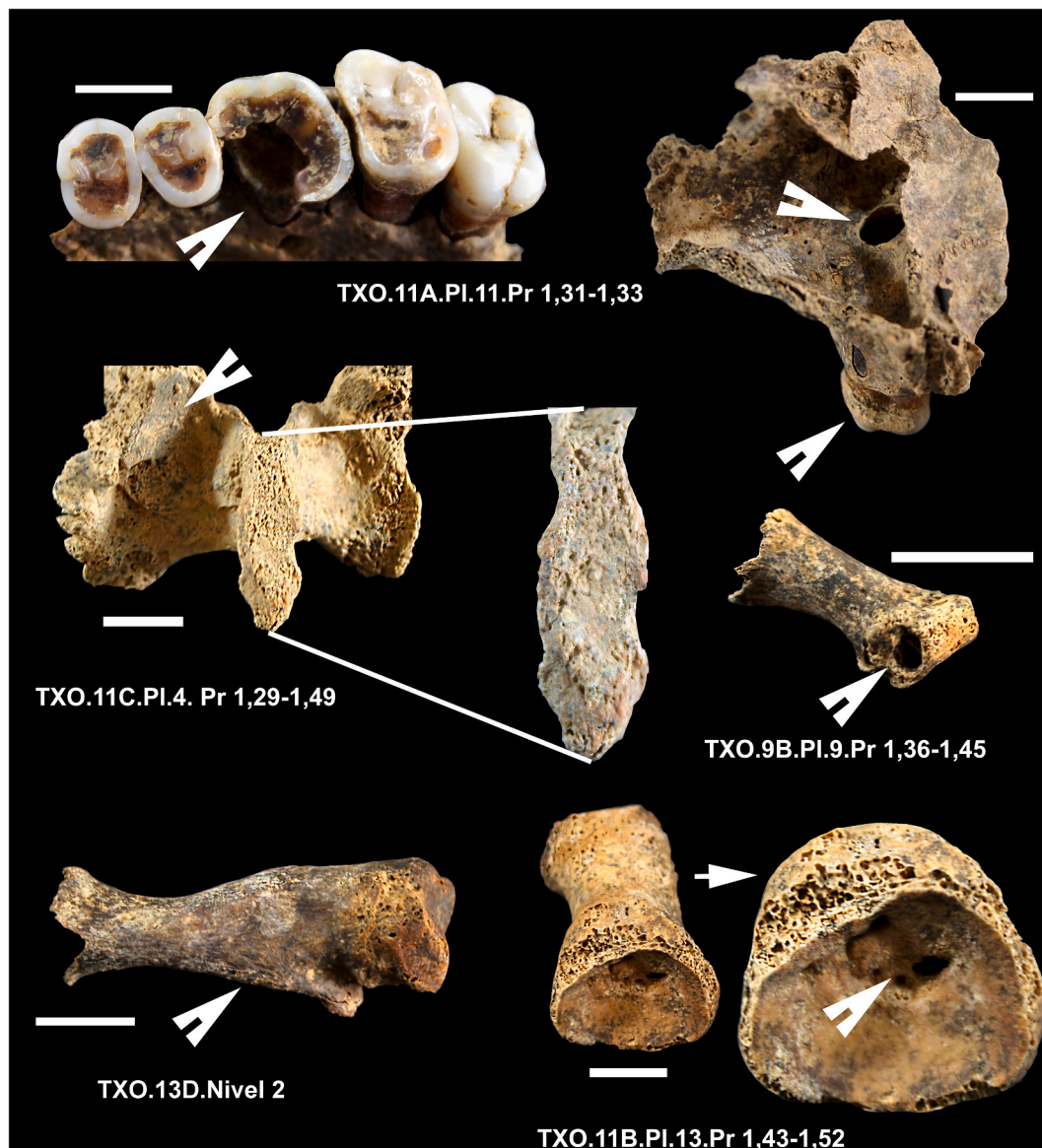


Fig. 7. Examples of pathological lesions in the Txotxinkoba sample. Maxilla with evidence of acute caries affecting the M¹ (top left), and the subsequent abscess in the palatal area (top right). A considerable calculus deposit is visible on the M³ of the maxilla too (arrow). Posterior view of lumbar vertebra (second row left): articular modifications can be observed, as well as well-defined evidence of Bastrup syndrome on the spinous process. Medial foot phalanx with signs of inflammation of the distal epiphysis (second row right). Medial view of the fifth right metacarpal showing a healed antemortem fracture at the midshaft (bottom left). First foot phalanx showing evidence of osteochondritis on the mesial epiphysis (bottom right). All scale bars correspond to 1 cm.

Cantabrian region during the 3rd and 2nd millennia cal BCE.

There are 38 caves in this region with direct ¹⁴C dates on human remains. This represents around 20% of the total number of sepulchral caves found in the AWP region to date. Moreover, from these dated caves, 32 contained multiple burials but only one individual was directly dated from each of 13 of these cases. In the case of Biscay, more than 50% (18 out of 32) of these dates were only obtained in the last decade (Herrasti and Etxeberria, 2011; López Quintana and Guenaga-Lizasu, 2011; Arias, 2012; Gómez-Olivencia, 2012, 2013; Rios-Garaizar and Garate Maidagán, 2012; Rios-Garaizar et al., 2013; Gómez-Olivencia et al., 2015; López-Quintana et al., 2015; Arribas Pastor and Berganza Gochi, 2018; García-Sagastibelza et al., this volume). Sepulchral caves from the Holocene are usually archaeological palimpsests, demonstrating recurrent use over long time periods, sometimes with evidence of clearing activities. The Iberian Peninsula has an extensive record of caves being used for funerary purposes in different periods, as does the AWP as demonstrated by the dates compiled in the present paper. For

example, caves like Lumentxa and Santimamiñe were used for funerary purposes over several millennia (López-Quintana et al., 2015; García-Sagastibelza et al., this volume). Moreover, some caves were not only used for funerary purposes, but present evidence of different uses at different points in time. In this sense, like in Lumentxa (García-Sagastibelza et al., this volume), caves like Can Sadurní (Begues, Barcelona) present different layers of burials from different Holocene periods which alternated with habitation and penning (Blasco et al., 2005, 2011; Edo et al., 2019), and in Cueva de Chaves (Bastarás, Huesca) the habitation and burial areas are horizontally separated only by a few metres (Sánchez Cebrán, 2015; Utrilla and Laborda, 2018). At Cova Bonica (Vallirana, Barcelona), there is evidence of use both as a burial place during the Cardial Neolithic and also for habitation and penning at different times (Oms et al., 2017; Daura et al., 2019). Finally, some stratigraphies are easier to understand and interpret, while others present more complexities and mixed levels: this is the case of sites like Gruta do Caldeirão, where the Neolithic burials appear mixed with

Palaeolithic artefacts (Zilhão, 1992, 2001). In this sense, the repeated use of the caves over long periods, and the creation of burial pits for funeral purposes may alter already complex stratigraphies.

In the Iberian Peninsula, caves that were fully excavated at the beginning of the 20th century or in the 1960's due to quarry activities or construction of water dams are abundant, as is the case of Atxuri-I. The salvage excavation of the Cova del Pantà de Foix (Castellet i la Gornal, Barcelona) was performed in 1926 before the construction of a dam. Direct dating of four individuals suggest a consistent funerary use of the cave for a limited time during the Chalcolithic (Cebrià et al., 2013; Subirà et al., 2016). Systematic dating programs are demonstrating their importance in these especially complicated contexts as shown in the present paper, where thanks to the new dates we have been able to determine the longer-term funerary use of Atxuri-I but a more chronologically limited use of the cave in the case of Txotxinkoba.

5.3. The paleobiology of the Bronze Age individual from Atxuri-I in context

The presence of a directly dated complete femur from Atxuri-I provides the opportunity to compare some paleobiological data from this individual (stature, body mass, biomechanical properties) to other sites from the Iberian Peninsula, although it should be noted that comparisons based on this single individual must be interpreted very cautiously. The sex of this individual was estimated as female but with reservations. Thus, we compared the data to both male and female samples. Estimated stature from this femur (160.4 cm) was shorter than most of the Bronze Age males but taller than, though within the range of variation, of most other Bronze Age females from the Iberian Peninsula (Supplementary Table S8). The body mass estimate for the Atxuri-I individual (53.1 kg) is below that of the Bronze Age male comparative samples (Martín-Flórez, 2010; Nájera et al., 2010;2012; Ruff and Garvin, 2018), but similar to that of the female comparative samples (52 kg) (Supplementary Table S8).

The femur of Atxuri-I shows a more similar pattern of percent cortical area (%CA) to the Mesolithic and Bronze Age male and female samples from the Iberian Peninsula. This similarity can also be observed with the Neolithic male individual of Lumentxa (García-Sagastibelza et al., this volume). This situation tentatively suggests that the mobility pattern did not change drastically in the Iberian Peninsula during the Late Prehistory, although clearly larger samples are needed to draw firm conclusions and both Atxuri-I and Lumentxa lie within the range of variation for various time periods and locations. Moreover, the similarity between our individual and the Lumentxa individual, both from different periods, also needs more investigation to examine the extent to which the Basque Atlantic orography plays a role in this similarity. Comparative samples from nearby areas like the Northern Iberian plateau or the Ebro Valley could be helpful to deal with this issue, as lower limb bone biomechanics are influenced by the nature of terrain (Marchi et al., 2006). The availability of complete long bones is a limiting factor to more extensive analyses. As we have observed, none of the Txotxinkoba individuals preserved a complete long bone suitable for biomechanical analysis.

Regarding the comparative samples from France and Italy, our individual had a lower value in %CA compared with Upper Palaeolithic and Mesolithic samples of both sexes, suggesting lower habitual mobility, although the influence of age, diet or other factors on cortical bone content of long bone cross-sections may also affect %CA (e.g., Garn et al., 1967; Mays et al., 2009; Robbins Schug, 2011; Ruff, 2008, Ruff, 2018a). This is compatible with the decrease in bone robusticity observed from the Palaeolithic until the present in other studies, associated with increased sedentarism with the adoption of agriculture (Holt et al., 2018b; Cox et al., 2019; Ruff et al., 2015). In contrast, it seems that our individual was more mobile than the Neolithic samples, but less than the Bronze Age individuals. Furthermore, the Atxuri-I individual was slightly more robust than the average individual from the Iron

Age/Roman Age and Early Medieval samples (including the Early Medieval sample from Iberian Peninsula), consistent with the interpretation that these later populations were more sedentary.

For the polar section modulus (Z_p), more differences can be seen depending on whether the individual is assumed to be male or female. Our individual has a slightly higher value for this parameter than the male Mesolithic sample from Iberian Peninsula, which would be consistent with the progressive increase in lower bone strength during the Bronze Age documented elsewhere (Ruff and Garvin, 2018), although a much larger Bronze Age sample would be required to demonstrate any such pattern. The similarity observed between the Atxuri-I femur with the Iberian Bronze Age female sample would be consistent with the (cautious) sex assessment. The Atxuri-I femur suggests lower mechanical loading than individuals from the Upper Palaeolithic samples from both sexes, and the Mesolithic male sample. Nevertheless, compared with the non-Iberian Mesolithic and Neolithic female samples and Bronze Age samples from both sexes, our individual demonstrates greater robusticity, and similar to the Iron Age/Roman Age male sample. The Atxuri-I individual is less robust than both male samples from Jau-Dignac-et-Loirac and the Early Medieval from the Iberian Peninsula, but similar, though slightly above the median values of the female samples of these periods.

In summary, based on the available information, we consider it most likely that the complete femur from Atxuri-I belonged to a relatively tall female individual from the Bronze Age, which should be further tested with nuclear DNA analysis.

6. Conclusions

In this work we provide the results of the anthropological study of human remains from two sites in the Atlantic Western Pyrenees: Atxuri-I and Txotxinkoba, which yielded a minimum number of 9 and 14 individuals, respectively. Both caves present subadult individuals of different ages-at-death and among adults, both sexes are represented. Although the representation of osteological elements is roughly similar in both sites, small differences in the preservation of pelvic bones and the completeness of long bones suggest a potential bias in Atxuri-I.

We provide six new radiocarbon dates on human remains. Two ^{14}C dates from Atxuri-I show that the cave was used for funerary purposes during at least two very different periods: the Mesolithic and the Bronze Age, which contrast with previous assumptions about the chronology of the human remains of this cave. A complete femur from Atxuri-I, directly dated to the Bronze Age, was also studied biomechanically, providing results similar to the available Bronze Age samples from the Iberian Peninsula, especially the female sample, which would fit with changes in habitual mobility during the recent Prehistory proposed elsewhere. The four dates from Txotxinkoba show that the cave was only used for a relatively short span of time during the Chalcolithic.

When these dates are put within the Atlantic Western Pyrenean context, and despite the still limited number of direct dates, it is evident that most of the largest accumulations of human remains are found in sites with Chalcolithic burials (between 4,600 and 4,000 BP), such as Lacilla II, Pico Ramos, Urtao II and Abauntz. Txotxinkoba would fit within this group. Those caves that show human burial chronologies spanning longer periods of time, such as Lumentxa, Santimamiñe, Marizulo or Aizpea, generally contain smaller numbers of individuals, and Atxuri-I would fit within this group.

This study underscores the necessity to combine paleobiological studies with systematic radiocarbon dating before attempting other analyses such isotopic analysis or ancient DNA due to the long chronologies in which caves were used for funerary purposes in the Atlantic Western Pyrenees.

Declaration of competing interest

The authors declare that they have no known competing financial

interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

Acknowledgments

We thank Iñaki García Camino and the technicians of the Arkeologi Museoa, (Bilbao) for the permission and facilities to access the human remains of Atxuri-I and Txotxinkoba. We are also thankful to I. Lecumberri and his group (Hospital IMQ Zorrozaurre) for the CT-scans. We would like to thank Patrice Courtaud for his comments and assistance in the data compilation. This study has been supported by Research Group IT1418-19 (Eusko Jaurlaritz-Gobierno Vasco), the Spanish Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (HAR2015-67323-C2-1-P), the Ministerio de Ciencia e Innovación-AEI-FEDER (projects PGC2018-093925-B-C33 and PID2019-104247RA-I00), 2017 SGR 1630 from the Departament d'Universitats, Recerca i Societat de la Informació, Government of Catalonia, and Bizkaiko Foru Aldundia. A. G.-S. is funded by a joint doctoral grant from the University of Basque Country and the Université de Bordeaux. D.L.-O. is supported by the Basque Governments postdoctoral Fellowship (POS_2019_1_0024). A.G.-O. is funded by a Ramón y Cajal fellowship (RYC-2017-22558). We would like to thank the Editor, the AE, and the reviewers for very useful comments that have helped to improve this paper.

Appendix A. Supplementary data

Supplementary data to this article can be found online at <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2020.09.029>.

References

- Adams, B.J., Konigsberg, L.W., 2008. How many people? Determining the number of individuals represented by commingled human remains. In: Adams, B.J., Byrd, J.E. (Eds.), *Recovery, Analysis, and Identification of Commingled Human Remains*. Humana Press, Totowa, NJ.
- Alday Ruiz, A., Mujika Alustiza, J.A., 1999. Nuevos datos de cronología absoluta concerniente al Holoceno medio en el área vasca. *El Mundo Indígena. XXIV Congreso Nacional de Arqueología. Instituto de Patrimonio Histórico, Murcia*, pp. 95–106.
- Aliaga Almela, R., 2012. *Sociedad y mundo funerario en el III y II milenio a.C. en la región del Jarama*. PhD dissertation. Universidad Autónoma de Madrid, Madrid.
- AlQahtani, S.J., Hector, M.P., Livsersidge, H.M., 2010. Brief communication: the London atlas of human tooth development and eruption. *Am. J. Phys. Anthropol.* 142, 481–490. <https://doi.org/10.1002/ajpa.21258>.
- Alt, K.W., Zesch, S., Garrido-Pena, R., Knipper, C., Szécsényi-Nagy, A., Roth, C., Tejedor-Rodríguez, C., Held, P., García-Martínez-de-Lagrán, I., Navitainuck, D., Arcusa Magallón, H., Rojo-Guerra, M.A., 2016. A community in life and death: the late neolithic megalithic tomb at Alto de Reinoso (Burgos, Spain). *PLoS One* 11, e0146176. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0146176>.
- Altuna, J., 2009. Cueva de Ekain: 2ª fase. II campaña. *Arkeoikuska: Investigación arqueológica* 345–348.
- Altuna, J., de la Rúa, C., 1989. Dataciones absolutas de los cráneos del yacimiento prehistórico de Urtiaga. *Munibe (Antropología-Arkeología)* 41, 23–28.
- Altuna-Etxabe, J., Mariezkurrena-Gastearena, K., 2013. Cráneos de pantera en Allekoaitze (Ataun) y Aintzulo (Errezil) (Gipuzkoa). *Kobie (Serie Paleontología)* 32, 29–37.
- Altuna, J., Armendariz, A., Etxeberria, F., Mariezkurrena, K., Penalver, X., Zumalabe, F. J., 1995. *Gipuzkoa. Carta Arqueológica II. Cuevas. Munibe (Suplemento)* 10.
- Apellániz, J.M., 1973. Corpus de materiales de las culturas prehistóricas con cerámica de la población de cavernas del País Vasco Meridional. *Munibe (Suplemento)* 1, 73–80.
- Apellániz, J.M., Nolte, E., 1967. Cuevas sepulcrales de Vizcaya. Excavación, estudio y datación por el C-14. *Munibe* 19, 159–226.
- Aranburu-Mendizabal, A., Sarasketa-Gartzia, I., Arrizabalaga, A., Salazar-García, D.C., Taldea, A.A., Iriarte-Chiapusso, M.J., 2018. El yacimiento calcolítico de Kareia en el contexto de las cuevas sepulcrales de Gipuzkoa (País Vasco). *Munibe (Antropología-Arkeología)* 69, 177–190. <https://doi.org/10.21630/maa.2018.69.09>.
- Arias, P., 1989. Las industrias de los estratos postpaleolíticos de la cueva de Atxuri (Mañaria, Vizcaya). *Veleia (Revista de prehistoria, historia antigua, arqueología y filología clásicas)* 6, 49–84.
- Arias, P., 2012. Funerary practices in Cantabrian, Spain (9000–3000 cal BC). Funerary practices in the Iberian peninsula from the mesolithic to the Chalcolithic. *BAR Int. Ser.* 2417, 7–20.
- Armendariz, A., 1987. Excavación de la cueva sepulcral Iruaxpe I (Aretxabaleta, Guipúzcoa). *Munibe (Antropología-Arkeología)* 39, 67–92.
- Armendariz, A., 1989. Excavación de la cueva sepulcral Urtao II (Oñati, Guipúzcoa). *Munibe (Antropología-Arkeología)* 41, 45–86.
- Armendariz, A., 1990. Las Cuevas Sepulcrales en el País Vasco. *Munibe (Antropología-Arkeología)* 41, 153–160.
- Armendariz, A., 1992. La idea de la muerte y los rituales funerarios durante la Prehistoria del País Vasco. *Munibe (Suplemento)* 8, 13–32.
- Armendariz, A., 1999. La muerte antes de la historia: ritos y prácticas funerarias en épocas prehistóricas. *El Campo de las Ciencias y las Artes* 136. Banco Bilbao Bizkaia Argenteria, Bilbao, pp. 10–28.
- Armendariz, A., Etxeberria, F., 1983. Las cuevas sepulcrales de la Edad del Bronce en Guipúzcoa. *Munibe* 35, 247–354.
- Armendariz, A., Etxeberria, F., 1996. Excavación de la cueva sepulcral de Arantzazu (Oñati, Gipuzkoa). *Munibe (Antropología-Arkeología)* 48, 53–58.
- Armendariz, A., Etxeberria, F., Herrasti, L., 1998. Excavación de la cueva sepulcral Nardakoste IV (Oñati, Guipuzkoa). *Munibe (Antropología-Arkeología)* 50, 111–120.
- Armentano, N., Jordana, X., Malgosa, A., 2014. Estudio tafonómico e interpretación del gesto funerario de los restos óseos de la Cova de Montanissell (Alt Urgell, Lleida). *Trab. Prehist.* 71 n°1, 156–172. <https://doi.org/10.3989/tp.2014.12130>.
- Arribas Pastor, J.L., Berganza Gochi, E., 2018. Excavaciones en la cueva de Lumentxa (Leketieta, Bizkaia) Campañas de 1984 a 1993. *Kobie (Serie Paleontología)* 36, 1–26.
- Arrizabalaga, A., Rios-Garaizar, J., 2012. The first human occupation of the Basque Crossroads. *J. World PreHistory* 25, 157–181. <https://doi.org/10.1007/s10963-012-9058-x>.
- Auerbach, B.M., Ruff, C.B., 2004. Human body mass estimation: a comparison of “morphometric” and “mechanical” methods. *Am. J. Phys. Anthropol.* 125, 331–342. <https://doi.org/10.1002/ajpa.20032>.
- Barandiarán, J.M., 1964. *Arqueología de Vizcaya. Excavaciones en Atxuri (1ª parte de la segunda campaña)*. Noticiario Arqueológico Hispánico, Cuadernos 1–3, 375–384.
- Barandiarán, J.M., Cava, A., 2001. Cazadores-Recolectores en el Pirineo navarro. El sitio de Aizpea entre 8000 y el 6000 años antes de ahora. *Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea, Vitoria-Gasteiz*.
- Baraybar, J.P., De la Rúa, C., 1995. Estudio antropológico de la población de Pico Ramos (Muskiz, Bizkaia). Consideraciones sobre la demografía, salud y subsistencia. *Munibe* 47, 151–175.
- Bass, W., 2005. *Human Osteology: A Laboratory and Field Manual*, fifth ed. Missouri Archaeological Society, Columbia.
- Begiristain, M.A., 1997. Nuevas dataciones para la prehistoria de Navarra, 5. Cuadernos de Arqueología Universidad de Navarra, pp. 31–40.
- Blanc, C., 1989. Grotte Laplace (Arudy, Pyrénées Atlantiques), Premiers résultats du sondage. *Archéologie des Pyrénées occidentales* 9, 103–106.
- Blasco, A., Edo, M., Villalba, M.J., 2005. Cardial, epicardial y postcardial en Can Sadurní (Begues, Baix Llobregat). In: Arias, P., Ontañón, R., García-Moncó, C. (Eds.), III Congreso del Neolítico en la Península Ibérica. Universidad de Cantabria, Servicio de Ediciones, Santander, pp. 867–878. Santander.
- Blasco, A., Edo, M., Villalba, M.J., 2011. La cova de Can Sadurní i la prehistòria de Garraf. Recull de 30 anys d'investigació. Hugony Editore, Milano (Col·lecció Actes). Actes de les Jornades Internacionals de Prehistòria “El Garraf, 30 anys d'investigació arqueològica”, celebrades a Begues del 5 al 7 de desembre de 2008.
- Bodego, A., López-Horgue, M.A., 2018. Geología de los Pirineos occidentales: evolución ambiental a través de sus rocas y fósiles. In: Badiola, A., Gómez-Olivencia, A., Pereda Suberbiola, X. (Eds.), *Registro fósil de los Pirineos occidentales: bienes de interés paleontológico y geológico: proyección social*. Servicio Central de Publicaciones=Argitaletza Zerbitzu Nagusia, pp. 35–52.
- Bronk Ramsey, C., 1998. Probability and dating. *Radiocarbon* 40, 461–474.
- Bronk Ramsey, C., 2009. Bayesian analysis of radiocarbon dates. *Radiocarbon* 51, 337–360. <https://doi.org/10.1017/S0033822200033865>.
- Buikstra, J.E., Ubelaker, D.H., 1994. Standards for data collection from human skeletal remains. In: *Arkansas Archaeological Survey Research Series*, vol. 44. Fayetteville.
- Campillo, D., 2001. *Introducción a la paleopatología*. Bellaterra arqueología, Barcelona.
- Cardoso, S., Valverde, L., Palencia, L., Martínez de Pancorbo, M., López Quintana, J.C., Guenaga Lizasu, A., 2011. Análisis de ADN mitocondrial en los restos humanos de la cueva de Santimamiñe (Kortezubi, Bizkaia). In: López Quintana, J.C. (Ed.), *La cueva de Santimamiñe: revisión y actualización (2004-2006)*. Kobie-Bai 1. Bizkaiko Foru Aldundia-Diputación Foral de Bizkaia, pp. 383–392.
- Carton, I., Castex, D., 2006. L'occupation d'un ancien flot de l'estuaire de la Gironde: du temple antique à la chapelle Saint-Siméon (Jau-Dignac et Loirac). *Aquitania: revue interrégionale d'archéologie* 22, 253–282.
- Carton, I., Castex, D., 2010. Du temple antique à la chapelle Saint-Siméon. L'occupation d'un ilot du rivage de l'estuaire de la Gironde, Rapport final d'opération, tome 2. Service Régional de l'Archéologie d'Aquitaine, Bordeaux.
- Castaños, P., 1986. Los Macromamíferos del Pleistoceno y Holoceno de Vizcaya. Faunas asociadas a los yacimientos arqueológicos. PhD Dissertation, Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibertsitatea, Leioa.
- Cava, A., 1978. El depósito arqueológico de la cueva de Marizulo (Guipúzcoa). *Munibe (Antropología-Arkeología)* 30, 155–172.
- Cebrià, A., Fullola, J.M., López-Onaindia, D., Mangado, X., Nadal, J., Ollé, A., Oms, X.F., Pedro, M., Ruiz, J., Subirà, M.E., Torrente, A., Vergés, J.M., 2013. La Cova sepulcral del Pantà de Foix (Castellet i la Gornal). De jaciment arraconat a jaciment modèlic. III Trobada d'Estudiosos del Foix. Col·lecció. Documents de Treball. Sèrie Territori, núm. XX. Diputació de Barcelona, Barcelona, pp. 184–194.
- Courtaud, P., Dumontier, P., Armand, D., Convertini, F., Ferrer, C., Linard, D., López-Onaindia, D., 2018. L'occupation Funéraire du bassin d'Arudy (Pyrénées-Atlantiques) au Néolithique moyen et final. Actes des 12 Rencontres Méridionales de Préhistoire Récente, pp. 77–87.
- Cox, S.L., Ruff, C.B., Maier, R.M., Mathieson, I., 2019. Genetic contributions to variation in human stature in prehistoric Europe. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 116, 21484–21492. <https://doi.org/10.1073/pnas.1910606116>.
- Cubas, M., Altuna, J., Álvarez-Fernández, E., Armendariz, A., Fano, M.A., López-Dóriga, I.L., Mariezkurrena, K., Tapia, J., Teira, L.C., Arias, P., 2016. Re-evaluating

- the neolithic: the impact and the Consolidation of farming practices in the Cantabrian region (northern Spain). *J. World PreHistory* 29, 79–116. <https://doi.org/10.1007/s10963-016-9091-2>.
- Daura, J., Sanz, M., Oms, F.X., Pedro, M., Martínez, P., Mendiola, S., Oliva Poveda, M., Gibaja, J.F., Mozota, M., Alonso-Eguíluz, M., Albert, R.M., Allué, E., Bañuls-Cardona, S., López-García, J.M., Santos Arévalo, F.J., Fullola, J.M., 2019. Deciphering neolithic activities from a cardinal burial site (cova Bonica) on the western Mediterranean coast. *J. Archaeol. Sci.: Report* 23, 234–237. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2018.10.036>.
- Davies, T.G., Stock, J.T., 2014. The influence of relative body breadth on the diaphyseal morphology of the human lower limb. *Am. J. Hum. Biol.* 26, 822–835. <https://doi.org/10.1002/ajhb.22606>.
- Deguiloux, M.-F., Pemonge, M.-H., Mendisco, F., Thibon, D., Cartron, I., Castex, D., 2014. Ancient DNA and kinship analysis of human remains deposited in Merovingian necropolis sarcophagi (Jau Dignac et Loirac, France, 7th–8th century AD). *J. Archaeol. Sci.* 41, 399–405. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2013.09.006>.
- d’Incau, E., Couture, C., Crépeau, N., Chenal, F., Beauval, C., Vanderstraete, V., Maureille, B., 2015. Determination and validation of criteria to define hypercementosis in two medieval samples from France (Sains-en-Gohelle, AD 7th–17th century; Jau-Dignac-et-Loirac, AD 7th–8th century). *Arch. Oral Biol.* 60, 293–303. <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2014.10.006>.
- Dorado, J., Maetz, J.J., Moreno, J., 2013. La catalogación de cavidades en la CAPV. *Karaitza Abendua* 2013, 22–35.
- Doube, M., Kłosowski, M., Arganda-Carreras, I., Cordelières, F., Dougherty, R., Jackson, J., Schmid, B., Hutchinson, J., Shefelbine, S., BoneJ: Free and extensible bone image analysis in ImageJ. *Bone* 47, 1076–1079.
- Duday, H., 2011. *The Archaeology of the Dead: Lectures in Archaeoanatomy*. Oxbow Books, Oxford.
- Dumontier, P., Courtaud, P., Armand, D., Convertini, F., Ferrier, C., 2014. La grotte de Bordedelat et les cavités sépulcrales d’Arudy, Pyrénées Atlantiques. Rapport de feuille programmée annuelle, inédit. Service régional de l’archéologie d’Aquitaine, Bordeaux.
- Dumontier, P., Courtaud, P., Ferrier, C., Armand, D., Convertini, F., 2016. Les sépultures saisonnières d’altitude à l’âge du Bronze: l’exemple des Pyrénées occidentales. In: Cauliez, J., Sénépart, I., Jallot, L., de Labriffe, P.A., Gilabert, C., Gutherz, X., dirs (Eds.), *De la tombe au territoire et actualités de la recherche, Actes des 11e rencontres méridionales de Préhistoire récente*, Montpellier, 25-27 septembre 2014. *Archives d’écologie préhistorique*, pp. 153–164.
- Etxeberria, F., Herrasti, L., 2007. Los restos humanos del enterramiento de San Juan ante Portam Latinam (Laguardia, Álava): Caracterización de la muestra, tafonomía y paleopatología. In: Vegas, J.I. (Ed.), *San Juan ante Portam Latinam. Inhumación colectiva prehistórica en el Valle Medio del Ebro. Memoria de las excavaciones arqueológicas 1985, 1990 y 1991*. Fundación José Miguel de Barandiarán and Diputación Foral de Álava, Vitoria-Gasteiz, pp. 159–274.
- Etxeberria, F., Vegas, J.I., 1988. ¿Agresividad social o guerra? durante el Neoeolítico en la cuenca media del Valle del Ebro, a propósito de San Juan Ante Portam Latinam (Rioja alavesa). *Munibe (Antropología-Arkeologia)* 6, 105–112.
- Euskal Arkeologia Etnografía eta Kondaira Museoa/ Museo Arqueológico, Etnográfico e Histórico Vasco, 1995. *Txostena 1994 Memoria*. Bizkaiko Foru Aldundia-Diputación Foral de Bizkaia, Bilbao.
- Ébrard, D., 2013. 50 ans d’archéologie en Soule. *Hommage à Pierre Boucher (1909–1997)*. Mauléon, Ikertzaileak.
- Edo, M., Antolín, F., Martínez, P., Villalba, M.J., Fullola, J.M., Bergadà, M.M., Saña, M., Verdún, E., Fernández, E., Gamba, C., Arroyo, E., Ache, M., Gibaja, J.F., Palomo, A., Clop, X., Manen, C., Convetini, F., 2019. La Cueva de Can Sadurni (Begues, Barcelona): el episodio funerario del neolítico antiguo cardinal pleno. Estado actual de la cuestión. In: Gibaja, J.F., Mozota, M., Subirà, M.E., Martín, A. (Eds.), *Mirando la muerte. Las prácticas funerarias durante el neolítico en el noroeste peninsular*. E-Dit-ARX, publicaciones digitales, 3. E-Dit-ARX, publicaciones digitales, Akademios, pp. 205–304.
- Etxeberria, F., 1989. Restos humanos de época calcolítica procedentes de la cueva sepulcral de Urtao II (Onati, Guipúzcoa). *Munibe (Antropología-Arkeologia)* 41, 63–70.
- Fernández, F., 1971. Aportación al descubrimiento de nuevas pinturas parietales en el País Vasco. *Munibe (Antropología-Arkeologia)* 2–3, 399–404.
- Fernández, E., 2005. Polimorfismos de DNA mitocondrial en poblaciones antiguas de la Cuenca Mediterránea. Universidad de Barcelona, Barcelona.
- Fernández-Crespo, 2007. Final neolithic multiple burials in the upper Ebro Valley: the case of san juan ante Portam Latinam (Basque Country, Spain). *EAA Summer School eBook* 1, 55–63.
- Fernández-Crespo, T., 2010. Caracterización antropológica y tratamiento funerario de las poblaciones del Neolítico a la Edad del Bronce en la comarca de La Rioja: estado de la cuestión. *Munibe (Suplemento)* 32, 414–424.
- Fernández-Crespo, T., de-la-Rúa, C., 2015. Demographic evidence of selective burial in megalithic graves of northern Spain. *J. Archaeol. Sci.* 53, 604–617. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2014.11.015>.
- Fernández-Crespo, T., de-la-Rúa, C., 2016. Demographic differences between funerary caves and megalithic graves of northern Spanish Late Neolithic/Early Chalcolithic. *Am. J. Phys. Anthropol.* 160, 284–297. <https://doi.org/10.1002/ajpa.22963>.
- Fernández-Crespo, T., Schulting, R.J., Ordoño, J., Duering, A., Etxeberria, F., Herrasti, L., Armendariz, A., Vegas, J.I., Bronk Ramsey, C., 2018. New radiocarbon dating and demographic insights into San Juan ante Portam Latinam, a possible Late Neolithic war grave in North-Central Iberia. *Am. J. Phys. Anthropol.* 166, 760–771. <https://doi.org/10.1002/ajpa.23465>.
- Galera Olmo, V., 1987. Antropología de las gentes inhumadas en la Galería del Sílex (Atapuerca, Burgos). In: Apellániz, J.M., Mena, S.D. (Eds.), *Estudios sobre Atapuerca (Burgos) II. Los materiales de superficie del Santuario de la Galería del Sílex*. Universidad de Deusto, Bilbao.
- Garate Maidagan, D., 2012. Neandertales y Cromañones. Los primeros pobladores de Bizkaia. *Guías del Arkeologi Museoa n° 2*. Diputación Foral de Bizkaia, Bizkaiko Foru Arkeologi Museoa, Bilbao.
- García-Sagastibelza, A., 2017. Los restos humanos de la cueva de Atxuri I (Mañaria) dentro del contexto del uso sepulcral de las cuevas en Bizkaia. *Estudios de Cuaternario/Kuaternario Ikasketak / Quaternary Studies* 7, 19–37.
- García-Sagastibelza, A., Arribas Pastor, J.L., López-Onaindia, D., Pomeroy, E., Rodríguez-Hidalgo, A., Castex, D., Couture-Veschambre, C., Gómez-Olivencia, A., This volume. The human remains from the Lumentxa cave (Lekeitio, Biscay, Northern Iberian Peninsula): Paleobiology, taphonomy and chronology. *Quat. Int.* <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2020.06.043>.
- Garn, S.M., Rohmann, C.G., Wagner, B., Ascoli, W., 1967. Continuing bone growth throughout life: a general phenomenon. *Am. J. Phys. Anthropol.* 26, 313–317. <https://doi.org/10.1002/ajpa.1330260306>.
- Gerdau Radonić, K., Herrera, A., 2010. Why dig looted tombs? Two examples and some answers from Keushu (Ancash highlands, Peru). *Bull. Mém. Soc. Anthropol. Paris* 11, 145–156.
- Gerdau Radonić, K., Makowski, K., 2011. Las sepulturas colectivas de Tablada de Lurín: una perspectiva desde la antropología biológica. In: Vetter, L., Tellez, S., Vega-Centeno, R. (Eds.), *Arqueología peruana: homenaje a Mercedes Cárdenas*. Instituto Riva Agüero, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, pp. 145–176.
- Gil Abad, D., Llamas Rubio, A., 2016. La cueva sepulcral de Lacilla-II (Sopuerta, Bizkaia). *Memoria arqueológica 1988*. Kobie (Serie Paleoantropología) 35, 115–168.
- Gómez-Olivencia, A., 2012. Estudio de los restos humanos del yacimiento de Askondo (Mañaria, Bizkaia). In: Garate Maidagan, D., Rios-Garaizar, J. (Eds.), *La cueva de Askondo (Mañaria, Bizkaia)*. Arte parietal y ocupación humana durante la Prehistoria. Kobie-Bai 2. Bizkaiko Foru Aldundia-Diputación Foral de Bizkaia, Bilbao, pp. 71–76.
- Gómez-Olivencia, A., 2013. Estudio de los restos humanos del yacimiento de Arlanpe (Lemoa, Bizkaia). In: Rios-Garaizar, J., Garate Maidagan, D., Gómez-Olivencia, A. (Eds.), *La cueva de Arlanpe (Lemoa): Ocupaciones humanas desde el Paleolítico Medio Antiguo hasta la Prehistoria Reciente*. Kobie-Bai 3. Bizkaiko Foru Aldundia-Diputación Foral de Bizkaia, Bilbao, pp. 161–176.
- Gómez-Olivencia, A., 2018. Los macromamíferos continentales de los Pirineos occidentales durante el Pleistoceno: registro fósil, extinciones y nuevas técnicas de estudio. In: Badiola, A., Gómez-Olivencia, A., Pereda Suberbiola, X. (Eds.), *Registro fósil de los Pirineos occidentales. Bienes de interés paleontológico y geológico. Proyección social*. Vitoria-Gasteiz. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco-Eusko Jaurlaritzaren Argitalpen Zerbitzu Nagusia, pp. 179–197.
- Gómez-Olivencia, A., Arceredillo, D., Álvarez-Lao, D., Garate, D., San Pedro Calleja, Z., Castaños, P., Rios-Garaizar, J., 2014. New evidence for the presence of reindeer (*Rangifer tarandus*) on the Iberian Peninsula in the Pleistocene: an archaeopaleontological and chronological reassessment. *Boreas* 43, 286–308. <https://doi.org/10.1111/bor.12037>.
- Gómez-Olivencia, A., Cubas, M., Sala, N., Pantoja-Pérez, A., García-Ibaibarriaga, N., Rios-Garaizar, J., Regalado, E., Libano, I., Solar, G., Arlegi, M., Moreno, J., 2015. Restos humanos calcolíticos de dos nuevos yacimientos de Punta Lucero (Zierbena, Bizkaia). *Kobie (Serie Paleoantropología)* 34, 5–18.
- Gómez-Olivencia, A., Holliday, T., Madelaine, S., Couture-Veschambre, C., Maureille, B., 2019. The costal skeleton of the Regourdou 1 Neandertal. *J. Hum. Evol.* 130, 151–171. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2017.12.005>.
- Gómez-Olivencia, A., Quam, R., Sala, N., Bardey, M., Ohman, J.C., Balzeau, A., 2018. La Ferrassie 1: new perspectives on a “classic” Neandertal. *J. Hum. Evol.* 117, 13–32.
- Gosman, J.H., Hubbell, Z.R., Shaw, C.N., Ryan, T.M., 2013. Development of cortical bone geometry in the human femoral and tibial diaphysis. *Anat. Rec.* 296, 774–787. <https://doi.org/10.1002/ar.22688>.
- Grine, F.E., Jungers, W.L., Tobias, P.V., Pearson, O.M., 1995. Fossil *Homo* femur from Berg Aukas, northern Namibia. *Am. J. Phys. Anthropol.* 97, 151–185. <https://doi.org/10.1002/ajpa.1330970207>.
- Hammer, Ø., Harper, D.A.T., Ryan, P.D., 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Paleontologia Electronica* 4, 9.
- Heaton, T., Köhler, P., Butzin, M., Bard, E., Reimer, R., Austin, W., Bronk Ramsey, C., Grootes, P., Hughen, K., Kromer, B., Reimer, P., Adkins, J., Burke, A., Cook, M., Olsen, J., Skinner, L., 2020. Marine20—the marine radiocarbon age calibration curve (0–55,000 cal BP). *Radiocarbon* 62, 1–43.
- Herrasti, L., Etxeberria, F., 2011. Estudio de los restos humanos de la cueva de Santimamiñe (Kortezubi, Bizkaia): campañas de 2004 a 2006. In: López Quintana, J. C. (Ed.), *La cueva de Santimamiñe: revisión y actualización (2004-2006)*. Kobie-Bai 1. Bizkaiko Foru Aldundia-Diputación Foral de Bizkaia, pp. 375–382.
- Hervella, M., Izagirre, N., Alonso, S., Fregel, R., Alonso, A., Cabrera, V.M., de la Rúa, C., 2012. Ancient DNA from hunter-gatherer and farmer groups from northern Spain supports a random dispersion model for the Neolithic expansion into Europe. *PLoS One* 7, e34417. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0034417>.
- Holt, B., Whittney, E., Niskanen, M., Sládek, V., Berner, M., Ruff, C.B., 2018. Temporal and Geographic Variation in Robusticity. *John Wiley & Sons*, Hoboken, pp. 91–132.
- Holt, B., Whittney, E., Tompkins, D., 2018. France and Italy. *Skeletal Variation and Adaptation in Europeans*. John Wiley & Sons, Hoboken, pp. 241–280.
- Ibáñez, J.J., Zapata, L., González Urquijo, J., 1999. Cueva de Kobaederra (Kortezubi): V Campana de excavación. *Arkeoiuska: Investigación arqueológica 1999*, 70–72.
- Iriarte, M.J., Arribasbalaga, A., Etxeberria, F., Herrasti, L., 2005. La inhumación humana en conchero de J3 (Hondarribia, Guipuzkoa). In: Ontañón Peredo, R., García-Moncó Piñero, C., Arias Cabal, P. (Eds.), *Actas del III Congreso del Neolítico en la Península Ibérica*. Universidad de Cantabria, Santander, pp. 607–613.
- Iriarte, M.J., Arribasbalaga, A., Etxeberria, F., Herrasti, L., Álvarez-Fernández, E., 2010. Shell midden people in northern Iberia: new data from the mesolithic rock shelter of

- J3 (Basque Country, Spain). *Zephyrus: Revista de prehistoria y arqueología* 117–127.
- Izagirre, N., 1998. Aplicación de la biología molecular en el estudio antropológico de las poblaciones humanas del pasado: análisis del ADN mitocondrial. PhD dissertation, Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibertsitatea, Leioa.
- Izagirre, N., de la Rúa, C., 1999. A mtDNA Analysis in ancient Basque populations: implications for haplogroup V as a marker for a major Palaeolithic expansion from southwestern Europe. *Am. J. Hum. Genet.* 65, 199–207. <https://doi.org/10.1086/302442>.
- Izagirre, N., Alonso, S., de la Rúa, C., 2001. DNA analysis and the evolutionary history of the Basque population: a Review. *J. Anthropol. Res.* 57, 325–344.
- Jiménez Brobeil, S.A., García Sánchez, M., 1989–1990. Estudio de los restos humanos de la Edad del Bronce del Cerro de la Encina (Monachil, Granada), 14–15. Cuadernos de Prehistoria de la Universidad de Granada, pp. 157–180.
- Knüsel, C.J., 2014. Crouching in fear: terms of engagement for funerary remains. *J. Soc. Archaeol.* 14, 26–58. <https://doi.org/10.1177/1469605313518869>.
- Knüsel, C.J., Outram, A.K., 2004. Fragmentation: the zonation method applied to fragmented human remains from archaeological and forensic contexts. *Environ. Archaeol.* 9, 85–97. <https://doi.org/10.1177/1469605313518869>.
- Knüsel, C.J., Robb, J., 2016. Funerary taphonomy: An overview of goals and methods. *J. Archaeol. Sci.: Reports* 23, 234–237. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2016.05.031>.
- Laborde, M., Barandiarán, J.M., Atauri, T., Altuna, J., 1967. Excavaciones en Marizulo (Urneta) (Campanas de 1965 y 1967). *Munibe (Antropología-Arkeologia)* 3, 261–269.
- Lambacher, N., Gerdau-Radonic, K., Bonthorne, E., Valle de Tarazaga Montero, F.J., 2016. Evaluating three methods to estimate the number of individuals from a commingled context. *J. Archaeol. Sci.: For. Rep.* 10, 674–683. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2016.07.008>.
- López-Onaindia, D., 2017. Characterisation of the Biodiversity and Biological Affinities in the First Farmers and Last Hunter-Gatherers from Northeast Iberia by Dental Morphology Analysis. Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona. PhD Dissertation.
- López-Onaindia, D., Subirà, M.E., 2017. Prehistoric funerary complexity in northern Iberia studied by using dental morphology. *Homo* 68, 122–133. <https://doi.org/10.1016/j.jchb.2017.03.002>.
- López Quintana, J.C., Guenaga-Lizaso, A., 2011. Revisión estratigráfica del depósito arqueológico de la cueva de Santimamiñe (Kortezubi, Bizkaia): Campanas de 2004 a 2006. Cronoestratigrafía y paleoambiente. In: López-Quintana, J.C. (Ed.), *La cueva de Santimamiñe: revisión y actualización (2004-2006)*. Kobie-Bai 1. Bizkaiko Foru Aldundia-Diputación Foral de Bizkaia, Bilbao, pp. 7–70.
- López Quintana, J.C., Guenaga Lizaso, A., Etxeberria, F., Herrasti, L., Martínez de Pancorbo, M.A., Palencia, L., Valverde, L., Cardoso, S., 2015. Nuevos datos sobre la secuencia de uso sepulcral de la cueva de Santimamiñe (Kortezubi, Bizkaia). In: Bueno Ramírez, P., Barroso, R. (Eds.), *ARPI 03 Extra. Homenaje a Rodrigo de Balbín Berhmann*. Universidad de Alcalá de Henares, Alcalá de Henares, pp. 180–196.
- Lovejoy, C.O., 1985. Dental wear in the Libben population: its functional pattern and role in the determination of adult skeletal age at death. *Am. J. Phys. Anthropol.* 68, 47–56.
- Lyman, R.I., 1994. *Vertebrate Taphonomy*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Macintosh, A.A., Davies, T.G., Ryan, T.M., Shaw, C.N., Stock, J.T., 2013. Periosteal versus true cross-sectional geometry: a comparison along humeral, femoral, and tibial diaphyses. *Am. J. Phys. Anthropol.* 150, 442–452.
- Mack, J.E., Waterman, A.J., Racila, A.M., Artz, J.A., Lillios, K.T., 2016. Applying zooarchaeological methods to interpret mortuary behavior and taphonomy in commingled burials: the case study of the late neolithic site of Bolores. Portugal. *Int. J. Osteoarchaeol.* 26, 524–536. <https://doi.org/10.1002/oa.2443>.
- Marchi, D., Sparacello, V.S., Holt, B.M., Formicola, V., 2006. Biomechanical approach to the reconstruction of activity patterns in Neolithic Western Liguria. Italy. *Am. J. Phys. Anthropol.* 131, 447–455. <https://doi.org/10.1002/ajpa.20449>.
- Martín-Flórez, J.S., 2010. Caracterización antropológica de dos poblados de la Edad del Bronce de la Península Ibérica: el Castellón Alto y la Motilla del Azuer. *Arqueología y Territorio* n° 7, pp. 69–80.
- Mays, S., Ives, R., Brickley, M., 2009. The effects of socioeconomic status on endochondral and appositional bone growth, and acquisition of cortical bone in children from 19th century Birmingham, England. *Am. J. Phys. Anthropol.* 140, 410–416. <https://doi.org/10.1002/ajpa.21076>.
- Morlan, R.E., 1994. Bison bone fragmentation and survivorship: a comparative method. *J. Archaeol. Sci.* 21, 797–807. <https://doi.org/10.1006/jasc.1994.1077>.
- McHenry, H.M., 1992. Body size and proportions in early hominids. *Am. J. Phys. Anthropol.* 87, 407–431. <https://doi.org/10.1002/ajpa.1330870404>.
- Muñoz Salvatierra, M., Berganza, E., 1997. La cueva de Urratxa III (Orozko, Bizkaia). Excavación, cronología y análisis de las industrias lítica y ósea. El canto pintado. In: Muñoz Salvatierra, M., Berganza, E. (Eds.), *El yacimiento de la cueva de Urratxa III (Orozko, Bizkaia)*. Universidad de Deusto, Bilbao, pp. 9–71.
- Nájera, T., Molina, F., Jiménez-Brobeil, S.A., Al Oumaoui, I., Roca, M.G., Haro, M., Fernández, S., 2010. Un ejemplo de violencia interpersonal extrema durante la Edad del Bronce: el enterramiento 60 de la Motilla del Azuer, vol. 20. Cuadernos de Prehistoria de la Universidad de Granada, pp. 381–394.
- Nájera, T., Jiménez-Brobeil, S.A., Molina, F., Delgado, A., Laffranchi, Z., 2012. La aplicación de los métodos de la Antropología Física a un yacimiento arqueológico: la Motilla del Azuer, vol. 22. Cuadernos de Prehistoria de la Universidad de Granada, pp. 149–183.
- Nolte, E., 1957. Exploraciones en Atxubi'ko. *Pyrenaica I*, pp. 16–18.
- Oms, F.X., Daura, J., Sanz, M., Mendiola, S., Pedro, M., Martínez, P., 2017. First evidence of collective human inhumation from the cardial neolithic (cova Bonica, Barcelona, NE Iberian peninsula). *J. Field Archaeol.* 42, 43–53. <https://doi.org/10.1080/00934690.2016.1260407>.
- Otañón, R., Armendáriz, A., 2005. Cuevas y megalitos: los contextos sepulcrales colectivos en la Prehistoria reciente cantábrica. *Munibe (Antropología-Arkeologia)* 57, 275–286.
- Pablos, A., Gómez-Olivencia, A., García-Pérez, A., Martínez, I., Lorenzo, C., Arsuaga, J.L., 2013. From toe to head: use of robust regression methods in stature estimation based on foot remains. *Forensic Sci. Int.* 226, 299e1–299e7. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2013.01.009>.
- Pettitt, P.B., 2011. *The Palaeolithic Origins of Human Burial*. Routledge, Abingdon.
- Prieto, L., 2002. Estudio de polimorfismos de ADN en restos humanos antiguos y muestras forenses críticas: valoración de estrategias y resultados. Universidad Complutense de Madrid, Madrid.
- Reimer, P.J., Austin, W., Bard, E., Bayliss, A., Blackwell, P., Bronk Ramsey, C., Butzin, M., Cheng, H., Edwards, R., Friedrich, M., Grootes, P., Guilderson, T., Hajdas, I., Heaton, T., Hogg, A., Hughen, K., Kromer, B., Manning, S., Muscheler, R., Palmer, J., Pearson, C., van der Plicht, J., Reimer, R., Richards, D., Scott, E., Southon, J., Turney, C., Wacker, L., Adolphi, F., Büntgen, U., Capano, M., Fahrni, S., Fogtmann-Schulz, A., Friedrich, R., Köhler, P., Kudsk, S., Miyake, F., Olsen, J., Reining, F., Sakamoto, M., Sookdeo, A., Talamo, S., 2020. The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0–55 cal kBP). *Radiocarbon* 62, 1–33.
- Resnick, D., 1985. Degenerative diseases of the vertebral column. *Radiology* 156, 3–14. <https://doi.org/10.1148/radiology.156.1.3923556>.
- Ríos-Garaizar, J., Garate Maidañán, D., 2012. Evaluación de la excavación arqueológica del yacimiento de Askondo (Mañaria, Bizkaia). In: Garate Maidañán, D., Ríos-Garaizar, J. (Eds.), *Kobie. Bizkaiko Arkeologi Indusketak-Excavaciones Arqueológicas en Bizkaia*. Bizkaiko Foru Aldundia-Diputación Foral de Bizkaia, Bilbao, pp. 89–98.
- Ríos-Garaizar, J., Garate Maidañán, D., Gómez-Olivencia, A., 2013. Ocupaciones humanas prehistóricas en el yacimiento de la cueva de Arlanpe (Lemoa, Bizkaia). In: Ríos-Garaizar, J., Garate Maidañán, D., Gómez-Olivencia, A. (Eds.), *Kobie. Bizkaiko Arkeologi Indusketak-Excavaciones Arqueológicas en Bizkaia*. La cueva de Arlanpe (Lemoa): Ocupaciones humanas desde el Paleolítico Medio Antiguo hasta la Prehistoria Reciente. Bizkaiko Foru Aldundia-Diputación Foral de Bizkaia, Bilbao, pp. 277–294.
- Ríos-Garaizar, J., San Emeterio, A., Larrea Robles, M., Cubas, M., García-Sagastibelza, A., Garate Maidañán, D., Peyroteo Stejerna, R., Núñez-Lahuerta, C., Gómez-Olivencia, A., in press. La secuencia prehistórica de la cueva de Abitaga (Amaroto, Bizkaia): evaluación de las excavaciones de J.M. Barandiarán Ayerbe (1964–1966). *Munibe (Antropología-Arkeologia)*. In press.
- Robbins Schug, G., 2011. *Bioarchaeology and Climate Change: A View from South Asian Prehistory*. University Press of Florida, Gainesville.
- Rodríguez, L., Carretero, J.M., García-González, R., Arsuaga, J.L., 2018. Cross-sectional properties of the lower limb long bones in the Middle Pleistocene Sima de los Huesos sample (Sierra de Atapuerca, Spain). *J. Hum. Evol.* 117, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2017.11.007>.
- Rogers, J., Waldron, T., 1995. *A field guide to joint disease in archaeology*. John Wiley & Sons, Chichester.
- de la Rúa, C., 1985. El Cráneo Vasco: Morfología Y Factores Craneofaciales. Servicio de Publicaciones de la Diputación Foral de Vizcaya, Bilbao.
- de la Rúa, C., Baraybar, J.P., Cuende, M., Manzano, C., 1995. La sepultura colectiva de San Juan Ante Portam Latinam (Laguardia, Álava): Contribución de la antropología a la interpretación del ritual funerario. *Rubricatum: revista del Museo de Gavà* 1, 585–589.
- de la Rúa, C., Baraybar, J.P., Iriondo, M., Izagirre, N., 2002. Estudio antropológico del esqueleto mesolítico del yacimiento de Aizpea. In: Cazadores-recolectores en el Pirineo navarro: el sitio de Aizpea entre 8.000 y 6.000 años antes de ahora, Serie Maior 10. Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea. Anejos de Veleia., Vitoria-Gasteiz, pp. 363–429.
- de la Rúa, C., Cuende, M., Durán, L.M., Izagirre, N., 1997. Estudio antropológico de los restos humanos del yacimiento de Urratxa III (Orozko, Bizkaia). In: Muñoz Salvatierra, M., Berganza, E. (Eds.), *El yacimiento de la cueva de Urratxa III (Orozko, Bizkaia)*. Universidad de Deusto, Bilbao, pp. 207–241.
- de la Rúa, C., Izagirre, N., Alonso, S., Hervella, M., 2015. Ancient DNA in the Cantabrian fringe populations: a mtDNA study from prehistory to late Antiquity. *Quat. Int.* 364, 306–311. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.01.035>.
- Ruff, C.B., 2000. Body size, body shape, and long bone strength in modern humans. *J. Hum. Evol.* 38, 269–290. <https://doi.org/10.1006/jhev.1999.0322>.
- Ruff, C.B., 2002. Long bone articular and diaphyseal structure in Old World monkeys and apes I: locomotor effects. *Am. J. Phys. Anthropol.* 119, 305–342. <https://doi.org/10.1002/ajpa.10117>.
- Ruff, C.B., 2006. Moment Macro for NIH Image and Image J. Johns Hopkins University School of Medicine, Baltimore. http://www.hopkinsmedicine.org/face/mm_macro.htm. (Accessed 22 January 2020).
- Ruff, C.B., 2008. Biomechanical analyses of archaeological human skeletons. In: Katzenberg, M.A., Saunders, S.R. (Eds.), *Biological Anthropology of the Human Skeleton*, second ed. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, pp. 183–206.
- Ruff, C.B., 2018. Quantifying Skeletal Robusticity, Skeletal Variation and Adaptation in Europeans: Upper Paleolithic to the Twentieth Century. John Wiley & Sons., Hoboken, pp. 39–48.
- Ruff, C.B., Hayes, W.C., 1983. Cross-sectional geometry of Pecos Pueblo femora and tibiae—a biomechanical investigation: I. Method and general patterns of variation. *Am. J. Phys. Anthropol.* 60, 359–381. <https://doi.org/10.1002/ajpa.1330600308>.

- Ruff, C.B., Scott, W.W., Liu, A.Y.C., 1991. Articular and diaphyseal remodeling of the proximal femur with changes in body mass in adults. *Am. J. Phys. Anthropol.* 86, 397–413. <https://doi.org/10.1002/ajpa.1330860306>.
- Ruff, C.B., Holt, B.M., Niskanen, M., Sladěk, V., Berner, M., Garofalo, E., Garvin, H.M., Hora, M., Majjanen, H., Niinimäki, S., 2012. Stature and body mass estimation from skeletal remains in the European Holocene. *Am. J. Phys. Anthropol.* 148, 601–617. <https://doi.org/10.1002/ajpa.22087>.
- Ruff, C.B., Holt, B., Niskanen, M., Sladěk, V., Berner, M., Garofalo, E., Garvin, H.M., Hora, M., Junno, J.-A., Schuplerova, E., 2015. Gradual decline in mobility with the adoption of food production in Europe. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 112, 7147–7152. <https://doi.org/10.1073/pnas.1502932112>.
- Ruff, C.B., 2018. Introduction in: *Skeletal Variation and Adaptation in Europeans: Upper Paleolithic to the Twentieth Century*. John Wiley & Sons., Hoboken, pp. 1–14.
- Ruff, C.B., Garvin, H., 2018. Iberia in: *Skeletal Variation and Adaptation in Europeans: Upper Paleolithic to the Twentieth Century*. John Wiley & Sons., Hoboken, pp. 281–314.
- Sala, N., Arsuaga, J.L., Martínez, I., Gracia-Téllez, A., 2015. Breakage patterns in Sima de los Huesos (Atapuerca, Spain) hominin sample. *J. Archaeol. Sci.* 55, 113–121. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2015.01.002>.
- Sánchez Cebrián, P., 2015. La cueva de Chaves: estudio de la organización microespacial durante el Neolítico. *SALDVIE* 15, 35–51.
- Sanchis, A., Tormo, C., Sauqué, V., Sanchis, V., Diaz, R., Ribera, A., Villaverde, V., 2015. Pleistocene leopards in the Iberian Peninsula: new evidence from palaeontological and archaeological contexts in the Mediterranean region. *Quat. Sci. Rev.* 124, 175–208. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2015.07.013>.
- Sarasketa-Gartzia, I., Villalba-Mouco, V., le Roux, P., Arrizabalaga, A., Salazar-García, D. C., 2018. Late Neolithic-Chalcolithic socio-economical dynamics in Northern Iberia. A multi-isotope study on diet and provenance from Santimamiñe and Pico Ramos archaeological sites (Basque Country, Spain). *Quat. Int.* 10, 14–27. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2017.05.049>.
- Scheuer, L., Black, S., Christie, A., 2000. *Developmental Juvenile Osteology*. Elsevier Academic Press, London.
- Sokal, R.R., Rohlf, F.J., 1981. *Biometry*, second ed. W.H. Freeman and Co., New York.
- Sparacello, V., Villotte, S., Shaw, C., Fontana, F., Mottes, E., Starnini, E., Giampaolo, D., Marchi, D., 2018. Changing mobility patterns at the Pleistocene-Holocene transition. *Palaolithic Italy: Advanced Studies on Early Human Adaptations in the Apennine Peninsula*. Sidestone Press, Leiden, pp. 357–396.
- Subirà, M.E., López-Onaíndia, D., Yll, R., 2016. Cultural changes in funeral rites during the neolithic in the northeast of the iberian peninsula? The cave of Pantà de Foix (Barcelona). *Int. J. Osteoarchaeol.* 26, 104–113. <https://doi.org/10.1002/oa.2400>.
- Tapia, J., Cubas, M., Ceberio, M., Moraza, A., Agirre-Mauleon, J., Alonso, E., Álvarez-Fernández, E., Areso, P., Armendáriz, A., Castaños, P., 2016. San Adrian: un nuevo yacimiento de la Edad del Bronce en el norte de la península Ibérica. *Munibe (Antropología-Arkeologia)* 67, 363–375. <https://doi.org/10.21630/maa.2016.67.mis06>.
- Tapia Sagarna, J., Fernández, E.Á., Morera, M.C., Rapado, M.C., Gabilondo, F.E., Zugasti, I.G., Erlogorri, L.H., Alonso, M.R., 2008. La cueva de Linatzeta (Lastur, Deba, Gipuzkoa) Un nuevo contexto para el estudio del Mesolítico en Gipuzkoa. *Munibe (Antropología-Arkeologia)* 59, 119–131.
- Trinkaus, E., Ruff, C.B., 2012. Femoral and tibial diaphyseal cross-sectional geometry in Pleistocene Homo. *PaleoAnthropology* 2012, 13–62. <https://doi.org/10.4207/PA.2012.ART69>.
- Utrilla, P., Mazo, C., Domingo, R., 2015. Fifty thousand years of prehistory at the cave of Abauntz (Arraiz, Navarre): a nexus point between the Ebro Valley, Aquitaine and the Cantabrian corridor. *Quat. Int.* 364, 294–305. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2014.06.022>.
- Ubelaker, D.H., 1973. *The Reconstruction of Demographic Profiles from Ossuary Skeletal Samples: A Case Study from the Tidewater Potomac*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.
- Ubelaker, D.H., 2002. Approaches to the Study of Commingming in Human Skeletal Biology. In: Haglund, W.D., Song, M.H. (Eds.), *Advances in Forensic Taphonomy: Method, Theory and Archaeological Perspectives*. CRC Press, Boca Raton, pp. 335–378.
- Utrilla, P., Laborda, R., 2018. La cueva de Chaves (Bastarás, Huesca): 15 000 años de ocupación prehistórica. *Trab. Prehist.* 75, 248–269.
- Vegas, J.I., 2007. San Juan ante Portam Latinam: una inhumación colectiva prehistórica en el Valle Medio del Ebro. *Vitoria-Gasteiz. Arabako Foru Aldundia, Vitoria-Gasteiz*.
- Villalba-Mouco, V., Sarasketa-Gartzia, I., Utrilla, P., Oms, F.X., Mazo, C., Mendiola, S., Cebrián, A., Salazar-García, D.C., 2018. Stable isotope ratio analysis of bone collagen as indicator of different dietary habits and environmental conditions in northeastern Iberia during the 4th and 3rd millennium cal B. C. *Archaeol. Anthropol. Sci.* 11, 3931–3947. <https://doi.org/10.1007/s12520-018-0657-z>.
- White, T.D., Folkens, P.A., 2005. *The Human Bone Manual*. Elsevier Academic Press, New York.
- Zapata, L., 1995. La excavación del depósito sepulcral calcolítico de la cueva Pico Ramos (Muskiz, Bizkaia). *La industria ósea y los elementos de adorno*. *Munibe (Antropología-Arkeologia)* 47, 35–90.
- Zilhão, J., 1992. Gruta do Caldeirão. *O Neolítico Antigo. Trabalhos de Arqueologia* 6. Instituto Português do Património Arquitectónico e Arqueológico, Lisbon.
- Zilhão, J., 2001. Radiocarbon evidence for maritime pioneer colonization at the origins of farming in west Mediterranean Europe. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 98, 14180–14185. <https://doi.org/10.1073/pnas.241522898>.
- Zumalabe, F., 1993. Langatxoko Lezea (Mutriku). IV. *Indusketa Kanpaina. Arkeoikuska Arkeologi Ikerketa-Investigación Arqueológica*.

MUNIBE Antropología-Arkeologia	nº 71	73-89	DONOSTIA	2020	ISSN 1132-2217 • eISSN 2172-4555
--------------------------------	-------	-------	----------	------	----------------------------------

Recibido: 2020-04-28
Aceptado: 2020-08-31

La secuencia prehistórica de la cueva de Abittaga (Amoroto, Bizkaia): evaluación de las excavaciones de J.M. Barandiarán (1964-1966)

The prehistoric sequence of Abittaga cave (Amoroto, Biscay): review of J.M. Barandiarán excavations (1964-1966)

PALABRAS CLAVES: Magdaleniense Superior, Prehistoria Reciente, Industria ósea, Industria lítica, Cerámica, Macrofauna, Restos humanos.

GAKO-HITZAK: Goi Madeleine aldia, Historiaurre Hurbila, Hezur-industria, Industria litikoa, Zeramika, Makrofauna, Giza aztarnak.

KEY WORDS: Late Magdalenian, Late Prehistory, Bone industry, Lithic industry, Pottery, Faunal remains, Human remains.

Joseba RIOS-GARAZAR⁽¹⁾, Aixà SAN EMETERIO⁽²⁾, Maitane LARREA ROBLES⁽³⁾, Miriam CUBAS⁽⁴⁾, Andrea GARCÍA-SAGASTIBELZA⁽⁵⁾, Diego GARATE MAIDAGAN⁽⁶⁾, Rita PEYROTEO STJERNA⁽⁷⁾, Carmen NÚÑEZ-LAHUERTA⁽⁸⁾, Asier GÓMEZ-OLIVENCIA⁽⁹⁾

RESUMEN

El yacimiento de la cueva de Abittaga, excavado por J.M. Barandiarán entre 1964 y 1965, contiene una secuencia arqueológica con ocupaciones del Magdaleniense Superior y de la Prehistoria Reciente. Este yacimiento apenas ha participado en los debates de la prehistoria vasca de los últimos 40 años, fundamentalmente porque el yacimiento había sido estudiado de manera parcial y porque la información estratigráfica resultaba confusa. En este trabajo presentamos la revisión la colección arqueológica de Abittaga (industria lítica, ósea, cerámica, macrofauna y restos humanos). Se presentan además nuevas dataciones para las ocupaciones magdalenienses (nivel VII), y las de la Prehistoria Reciente (niveles I-III), y los resultados de la intervención arqueológica realizada en 2016. Estos resultados proporcionan una visión actualizada de un yacimiento usado con fines sepulcrales en la Edad del Bronce y como campamento ocasional, dentro de una amplia red de emplazamientos en la cuenca del Lea, durante el Magdaleniense Superior.

LABURPENA

J.M. Barandiaranek, 1964 eta 1965 artean, Goi Madeleine aldioko eta Historiarre Hurbileko okupazioak dituen Abittaga kobazuloko aztarnategiaren segida arkeologikoa induskatu zuen. Aztarnategi horrek oso parte-hartze txikia izan du euskal historiaurrearen inguruan azken 40 urteotan egin izan diren eztabaidetan; horretarako arrazoiak bi dira batez ere: aztarnategia modu partzialean aztertu zutelako eta informazio estratigrafikoa nahasia zelako. Lan honetan, Abittagako bilduma arkeologikoaren (industria litikoa, hezurak, zeramika, makrofauna eta giza aztarnak) berrikusketa aurkezten dugu. Gainera, Madeleine aldioko okupazioetarako datazio berriak (VII. maila) eta Historiarre Hurbilekoak (I-III mailak), eta 2016an egindako lan arkeologikoko emaitzak aurkezten dira. Emaitza hauek aztarnategiaren ikuspegi eguneratua eskaintzen dute. Brontze Aroan kobazuloa hilobi gisa erabilia izan zen. Bestalde, Goi Madeleine aldiaren Lea ibaiaren arroan garai horrentan zegoen kokaleku sareko aldizkako kanpamentua bezala erabilia izan zen.

⁽¹⁾ Programa de Arqueología, Centro Nacional de Investigación sobre la Evolución Humana (CENIEH), Paseo Sierra de Atapuerca 3 · 09002 Burgos. joseba.rios@cenieh.es

⁽²⁾ Programa de Arqueología, Centro Nacional de Investigación sobre la Evolución Humana (CENIEH), Paseo Sierra de Atapuerca 3 · 09002 Burgos. aixà.sanemeterio@cenieh.es

⁽³⁾ maitane.larrea@gmail.com

⁽⁴⁾ Departamento de Historia, Universidad de Oviedo. C/ Amparo Pedregal s/n 33011 Oviedo. Sociedad de Ciencias Aranzadi, Zorroagagaina 11, 20014 Donostia-San Sebastián.

⁽⁵⁾ Dept. Geología, Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU). Barrio Sarriena s/n, 48940 Leioa. UMR 5199 PACEA, Université de Bordeaux. Allée Geoffroy Saint Hilaire, Bâtiment B8. CS 50023. 33615-Pessac Cedex, France.

⁽⁶⁾ Instituto Internacional de Investigaciones Prehistóricas de Cantabria (IIIPC), Gobierno de Cantabria. Avda. Los Castros s/n., 39005 Santander, España.

⁽⁷⁾ Human Evolution, Dep Organismal Biology, Uppsala University. Norbyv. 18C, 752 36 Uppsala, Sweden. UNIARQ, Centro de Arqueología, Universidade de Lisboa, Portugal.

⁽⁸⁾ Departamento de Ciências da Terra, Faculdade de Ciências e Tecnologia, FCT, Universidade Nova de Lisboa, 2829-516 Caparica, Portugal Museu da Lourinhã, Rua João de Moura 95, 2530-158 Lourinhã, Portugal. Aragosaurus-IUCA, Departamento de Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias, Universidad de Zaragoza, C/ Pedro Cerbuna, 12, 50009 Zaragoza.

⁽⁹⁾ Dept. Geología, Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU). Barrio Sarriena s/n, 48940 Leioa. Sociedad de Ciencias Aranzadi, Zorroagagaina 11, 20014 Donostia-San Sebastián. Centro UCM-ISCIII de Investigación sobre Evolución y Comportamiento Humanos, Avda. Monforte de Lemos 5 (Pabellón 14), 28029 Madrid.

ABSTRACT

The archaeological site of Abittaga cave, excavated by J.M. Barandiarán between 1964 and 1965, has yielded a stratigraphic sequence with Late Magdalenian and Recent Prehistory occupations. For several reasons, this site has barely contributed to the debates about the Basque Prehistory during the last 40 years, debates such as the subsistence strategies and cultural transformations of the last hunter gatherers in the region, or the use of caves by the first farmer communities. This can probably be explained not only by the absence of a complete comprehensive analysis of the site and the archaeological materials, but also because some of the information provided by J.M. Barandiarán about the site, specially about its stratigraphy, was rather confusing.

In this work we present the systematic revision of the archaeo-palaeontological collection, and we offer new data about the lithic tools, bone industry, pottery, and faunal and human remains. The analysis of the documentation of the site recorded by J.M. Barandiarán and J.M. Apellániz complemented with the results of the excavation made in 2016 at the site, suggest that the archaeological deposits excavated by J.M. Barandiarán probably correspond with deposits in primary position preserved only by the right wall of the entrance hall of the cave. The analysis of the pottery assemblage suggests different uses of the cave between the III and the I millennium cal BC. The presence of a single human individual buried in levels I-III, directly dated between 1895-1689 cal BC, indicates a funerary use of the cave during the Bronze Age. Levels IV-VI are really poor in archaeological materials and thus very difficult to interpret. Level VII presents the bulk of the archaeological material and it has been dated between 14321-14051 cal BP. In this level, the lithic assemblage is well preserved, with different refitting series. Almost all the lithic artifacts have been knapped using Flynch flint, but there are examples of flint varieties coming from more than 50 km of distance. We have recognized an *in situ* bladelet production obtained from carinated burins and small blocks, and the production of larger blades outside the cave, that were subsequently carried to Abittaga. The retouched toolkit is composed basically by burins, partially retouched blades and backed bladelets, with a remarkable absence of endscrapers. On the other hand, the bone industry is rich and varied, with bone points, single-row barbed harpoons, and rods. This lithic and bone industry is similar to other coeval sites in the same region such as Santa Catalina or Atxurra. The Late Magdalenian occupation of Abittaga cave is interpreted as a short-term occupation which was part of a wider settlement network that existed at that time in the Lea basin.

1. INTRODUCCIÓN

El yacimiento de la cueva de Abittaga (Amoroto, Bizkaia) fue excavado por J.M. Barandiarán entre 1964 y 1966. En 1964 realizó una cata de medio metro de profundidad en el vestíbulo de la cueva en la que recuperaron cerámicas prehistóricas. Posteriormente, entre 1965 y 1966 realizó dos campañas de excavación que fueron descritas en unas escuetas memorias (Barandiarán, 1969, 1971). Los materiales arqueológicos de las excavaciones de J.M. Barandiarán han sido posteriormente revisados por distintos autores que han abordado el estudio de los conjuntos paleolíticos (González Sainz, 1983; Fernández Eraso, 1985; Fernández Ibáñez, 1986; Larrea Robles, 2017) y postpaleolíticos (Apellániz, 1973; Arias, 1991). En 1970, J.M. Apellániz desarrolla una limitada intervención, ampliando la excavación de J.M. Barandiarán, pero sus resultados nunca fueron publicados. P. Castaños (1986) estudió para su tesis doctoral la fauna de toda la secuencia. Más recientemente en la cavidad se han documentado graffias rupestres, probablemente de cronología paleolítica (Garate *et al.*, 2015), así como un depósito de armas del siglo XIX (Urrutia y Urrutia, 2005).

La adscripción cultural de los niveles superiores de la secuencia se realizó en función de los rasgos morfológicos y decorativos de la cerámica, así se adscribe el nivel III, “...en el que comienza la cerámica...”, al Neolítico (Barandiarán, 1971: 306). Posteriormente, los niveles II y I se adscribieron a la Edad del Bronce y del Hierro respectivamente (Barandiarán, 1971: 306). La adscripción del nivel III al Neolítico se mantuvo en una revisión posterior (Arias, 1991) aunque fue considerada como dudosa, sosteniendo que “...las colecciones de los niveles III a V son demasiado pobres como para ser atribuidas a cualquier fase cronoestratigráfica...” (Arias, 1991: 58). Por otro lado, los niveles V-VI se atribuyen por J.M. Barandiarán al Epipaleolítico, no siendo clara

la atribución del nivel IV. El nivel VII se asigna, según el sistema clásico de periodización, al Magdaleniense VI (Barandiarán, 1971). Posteriormente C. González Sainz concretó la pertenencia del nivel VII al Magdaleniense Superior final cantábrico basándose en sus industrias óseas y líticas, en cuanto a los niveles IV a VI observa en ellos una clara tradición paleolítica, más similares al Magdaleniense que a un Aziliense (González Sainz, 1983: 71).

A pesar de estos trabajos, las ocupaciones del final del Paleolítico Superior y de la Prehistoria Reciente de la cueva de Abittaga apenas han contribuido al conocimiento del Magdaleniense y de la Edad del Bronce en la región cantábrica. A este desinterés por el yacimiento han contribuido la confusa estratigrafía descrita por J.M. Barandiarán, la ausencia de dataciones directas y la falta de un estudio de conjunto de las evidencias arqueológicas, incluyendo la industria lítica, la ósea, la cerámica, así como de los restos humanos y de fauna recuperados en el yacimiento. En los últimos años, sin embargo, hay un renovado interés por el Paleolítico y la Prehistoria Reciente de la cuenca del río Lea, donde se enclava el yacimiento. La excavación en yacimientos emblemáticos como Santa Catalina, Lumentxa, Laminak II o Atxurra (Arribas, 1994; Berganza y Arribas, 1994, 2014a; Rios-Garaizar *et al.*, 2019) y la localización de nuevos conjuntos de arte rupestre en Lumentxa, Atxurra, Armintxe, Goikolau u Ondaro (Garate *et al.*, 2013, 2016-2017, 2020; González Sainz y López Quintana, 2017a, 2017b), han puesto de relieve la importancia de la ocupación humana prehistórica en esta comarca, especialmente durante el Magdaleniense, lo que la convierte en un lugar privilegiado para afrontar la investigación de cuestiones tan relevantes como las adaptaciones humanas a las condiciones ambientales del Tardiglacial, el uso del espacio (hábitats, santuarios, etc.), las tensiones entre la creciente regionalización y

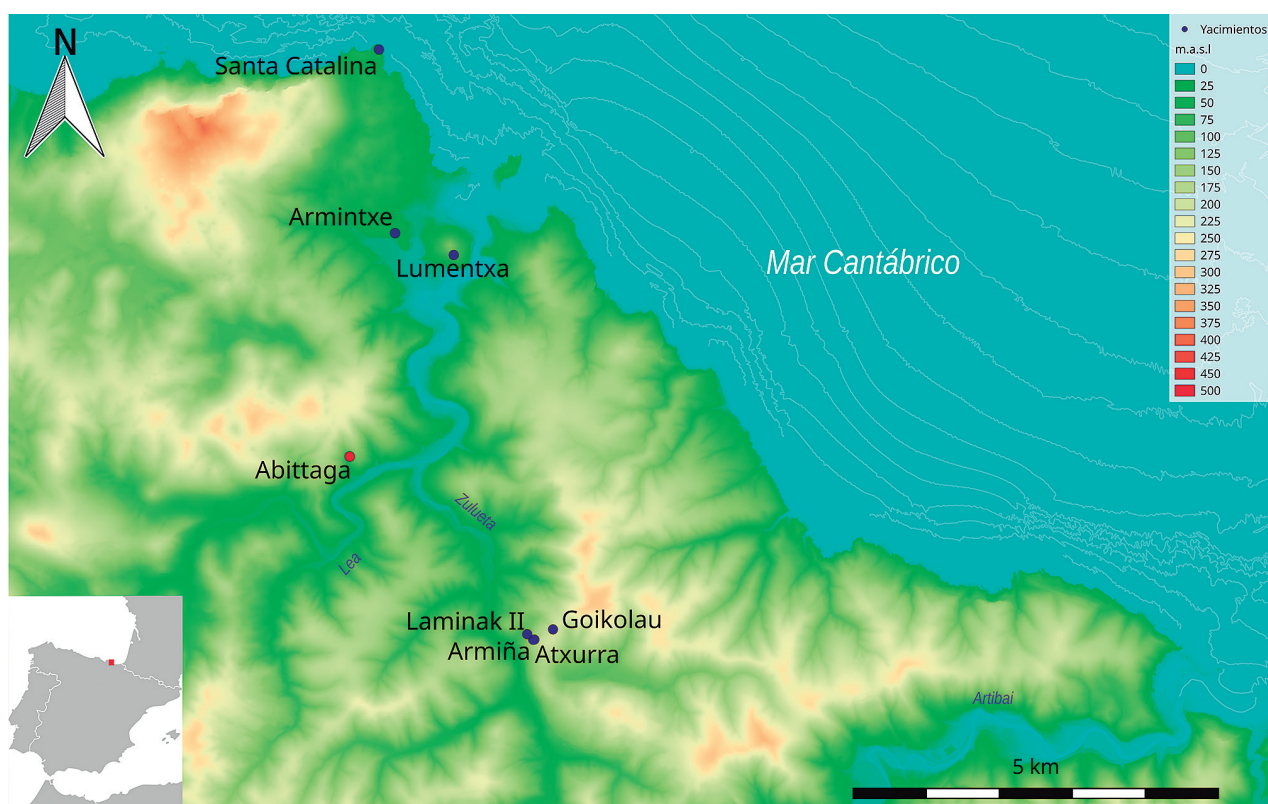


Fig.1. Mapa de localización de Abittaga y de los otros yacimientos de la cuenca del Lea mencionados en el texto. / Map of Lea basin with the position of Abittaga and other sites mentioned in the text.

el mantenimiento de amplias redes de contacto entre los grupos que habitan la región cántabro-pirenaica en esta época, o durante la Prehistoria Reciente. Sin embargo, el estado actual de la documentación de buena parte de los yacimientos excavados con anterioridad a 1980 no es adecuado para responder a estas cuestiones y, tal y como hemos mostrado con las excavaciones de J.M. Barandiarán en la cueva de Atxurra, es necesario la revisión sistemática de las excavaciones y colecciones antiguas para intentar obtener una información de mayor calidad (Rios-Garaizar *et al.*, 2019).

En línea con este planteamiento en el año 2016 se abordó, bajo la coordinación de A. San Emeterio, el estudio de la colección arqueológica procedente de las excavaciones de J.M. Barandiarán y se realizó una pequeña intervención arqueológica en la cueva con el objetivo de documentar un posible testigo estratigráfico en la primera sala del yacimiento. En este trabajo se presentan los resultados de esta revisión.

2. LA CUEVA DE ABITTAGA

La cueva de Abittaga (Amoroto, Bizkaia) se sitúa a 96 metros sobre el nivel del mar y 85 metros sobre el cauce actual del río Lea (UTM 30: X: 539337, Y: 4798906, Z: 96), en una zona de calizas urgonianas del Cretácico Inferior. La entrada tiene pequeñas dimen-

siones, 1,5 x 3,5 m, y se encuentra parcialmente colmatada por un cono de derrubios que desciende hacia el interior del vestíbulo. La entrada enlaza con una galería principal descendente de amplias dimensiones que se bifurca a unos 100 metros para continuar formando una extensa red de galerías que llega a alcanzar los 5000 m de desarrollo en varios niveles (Garate, 2012).

El área de actuación de J.M. Barandiarán se circunscribió a la zona central del vestíbulo de la cueva, a 4 metros de la entrada y pegada a la pared derecha. La superficie excavada abarcó un total de 13 cuadros, donde se documentaron siete niveles arqueológicos (Barandiarán, 1969, 1971) que buzan hacia el interior de la cavidad llegando a roca madre únicamente en los cuadros pegados a la pared derecha. Como resultado de esta excavación se recupera una secuencia de siete niveles (I-VII) (S1). En 1970, J.M. Apellániz amplía el área de excavación precedente. A partir de las notas y planos conservados en el Arkeologi Museoa se ha podido reconstruir la extensión de la excavación y la estratigrafía observada. Se constata que J.M. Apellániz no llega a localizar la secuencia excavada por J.M. Barandiarán (S2). En la intervención de 2016 se excavaron los cuadros C9 y C11 correspondientes a la cuadrícula de J.M. Barandiarán. Se documentaron tres unidades estratigráficas, y sólo en la Unidad 2b se recuperó algo de material que parece corresponder con

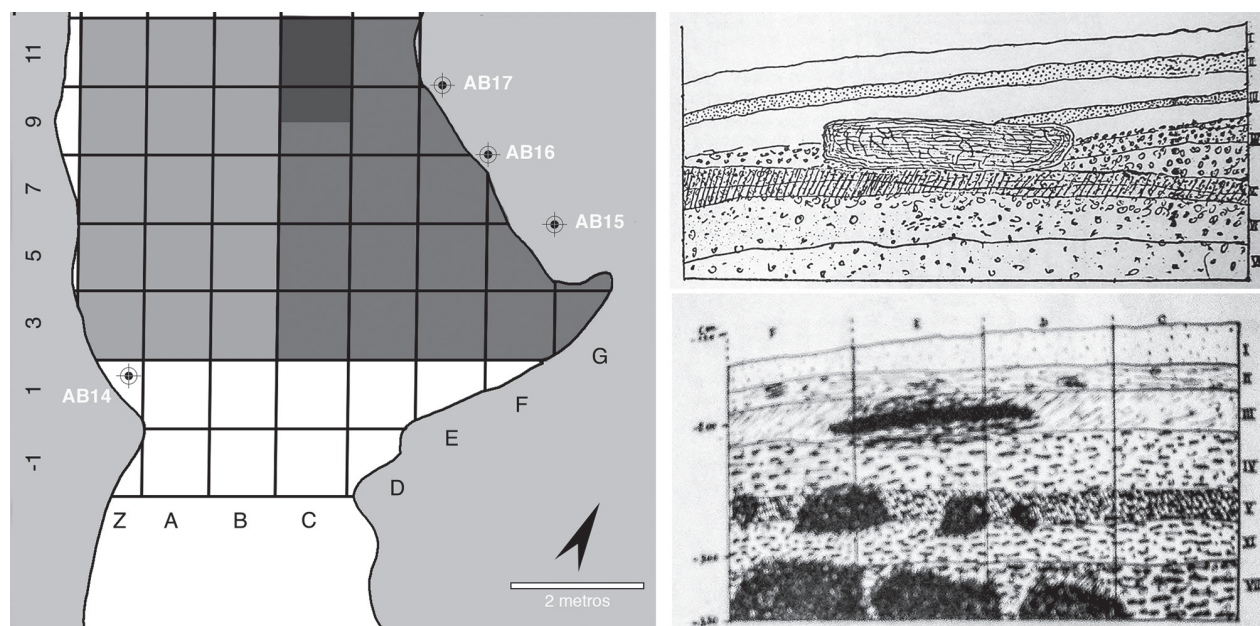


Fig.2. Plano (a partir de Garate, 2012) con la zona intervenida por Barandiarán (gris medio), la zona intervenida por Apellániz (gris claro) y la zona excavada en 2016 (gris oscuro). Sección estratigráfica de Abittaga en la banda 5 (Barandiarán, 1969- arriba- y 1971- abajo). / Plan (modified from Garate, 2012) with the location of Barandiarán (medium gray), Apellániz (light gray), and 2016 (dark gray) excavations. Abittaga stratigraphic section in band 5 (Barandiarán, 1969- up- y 1971- down).

el nivel VII de la excavación de J.M Barandiarán (S3). Dos muestras de hueso procedentes de las excavaciones de J.M. Barandiarán, una del nivel II y otra del VII, han proporcionado resultados que permiten encuadrar los niveles superiores en la Edad del Bronce (un resto humano datado en 1895-1689 cal. BC; Ua-64120), y el nivel VII en el Magdaleniense Superior (un metápedo de ungulado con huellas de corte datado en 14321-14051 cal. BP; Beta-457783) (S4, Tabla S4.1).

3. REVISIÓN DE LA COLECCIÓN DE J.M. BARANDIARÁN

La colección arqueológica de la excavación de Abittaga realizada por J.M. Barandiarán (1964 y 1966) está depositada en el Arkeologi Museoa (Bilbao) y la componen tres elementos macrolíticos (S5, Figura S5.1), 710 elementos líticos tallados (S6), 106 fragmentos cerámicos aislados y dos recipientes parcialmente reconstruidos (S7), 11 elementos de industria ósea, 238 restos de fauna y 32 restos antropológicos (S8).

3.1. Industria lítica

El conjunto lítico de la cueva de Abittaga está compuesto por un total de 710 restos (S6, Tablas S6.1-3), de los cuales solamente cuatro son esquirlas menores de 1 cm, tres son fragmentos informes, dos son lascas térmicas y uno un bloque bruto de sílex sin tallar (Tabla S6.3). Asimismo, se han documentado tres cantos con huellas de utilización (Figura S5.1).

En el **Nivel I** se han documentado solamente nueve restos líticos y ninguno de ellos retocado. Destaca la presencia de un canto de ofita o basalto en el que se interpretó una representación esquemática de una cabra (Fernández Ibáñez, 1986), que se atribuyó al llamado arte esquemático del País Vasco (Llanos, 1966). La revisión de la pieza nos permite plantear dudas acerca de esta interpretación (S5 y Figura S5.1: 1). En los niveles II y III apenas se han recuperado ocho y 13 restos respectivamente.

En el **Nivel IV** sólo se han recuperado seis restos. En el **Nivel V** sólo tres soportes laminares han sido atribuidos con seguridad al nivel, uno de ellos está retocado como muesca. En el **Nivel VI** se ha recuperado un conjunto de 28 restos líticos, con más lascas que láminas, y productos de acondicionamiento de núcleos laminares. Además, hay dos muescas, una pieza de dorso y una lámina parcialmente retocada.

En el **Nivel VII** se concentra el grueso de la colección, con un total de 639 restos. El sílex supone el 99,21% del conjunto, destacando el sílex del Flysch, generalmente de calidad mediocre, el de Urbasa y una variedad de sílex indeterminado que está diaclasado y que probablemente tenga su origen en las propias calizas urgonianas (Tabla S6.2). Otras variedades como Treviño, Loza, Chalosse o Bidache aparecen en proporciones muy modestas. Además, una parte de conjunto no ha podido ser atribuido a ninguna variedad en concreto. Otras materias como la lutita, el cuarzo y la ofita son testimoniales. Aunque el material está bien conservado, 34 soportes muestran alteraciones térmi-



Fig.3. Restos líticos del Nivel VII. 1 Núcleo de laminillas sobre filo de lasca, tipo buril, 2-8 Golpes de buril, 9-21 Laminillas, 22-24 Láminas, 25 Tableta de reavivado, 26-27 Limpiezas de cara de lascado, 28 Lámina sobrepasada, 29 Lasca, 30-31 Láminas corticales, 32-33 Crestas unificiales, 34 Cresta bifacial. / Lithic artefacts from level VII. 1 Burin like on-flake-edge bladelet core; 2-8 Burin spalls; 9-21 Bladelets; 22-24 Blades; 25 Platform rejuvenation flake; 26-27 Flaking surface rejuvenation flakes; 28 Overshot blade; 29 Flake; 30-31 Cortical blades; 32-33 One side crested blades; 34 Two side crested blades.



Fig.4. Utillaje lítico retocado del Nivel VII. 1-4 Buriles, 5-6 Piezas de dorso, 7-8 Piezas de muesca, 9-11 Laminillas de dorso, 12-13 Útiles diversos (lámina con retoque inverso en la base, y lámina pedunculada). / Retouched tools from level VII. 1-4 Burins; 5-6 Marginally backed blades; 7-8 Notched blades; 9-11 Backed bladelets; 12-13 Diverse tools (blade with ventral retouch in the proximal part and tanged blade).

cas relacionadas probablemente con los hogares descritos en los cuadros 5D, 5E y 5F (Barandiarán, 1971).

La composición del conjunto está dominada por los soportes brutos, especialmente los soportes laminares, con más laminillas que láminas (Tabla S6.3). Las labores de mantenimiento de los núcleos laminares tienen cierto peso en este conjunto a juzgar por la importancia numérica y la variedad de productos de acondicionamiento, lo cual contrasta con la escasez de núcleos. Los productos de acondicionamiento proceden principalmente de núcleos de laminillas de pequeño tamaño. Los soportes de decorticado presentan proporciones discretas, al igual que los productos de reavivado de útiles, aunque dentro de estos destacan los golpes de buril.

Los núcleos son escasos ($n = 3$), siendo uno de ellos de lasquitas sobre lasca, y los otros dos son núcleos de laminillas, uno sobre nódulo de sílex del Flysch (Figura S6.1: e) y el otro sobre lasca cortical espesa (Figura 4: 1). Esta escasez de núcleos de laminillas, cuando éstas son el objetivo prioritario de la talla, puede explicarse por la abundancia de buriles espesos, que presentan múltiples paños y reavivados y que pueden representar otro modelo de explotación laminar (Le Brun-Ricalens y Brou, 2003).

Entre los productos destaca un conjunto de láminas de buen tamaño obtenidas a partir de núcleos con un flanco muy marcado (generalmente a la izquierda y tallados), caras de lascado triangulares y bastante estrechas, y correcciones mediante una cresta o semicresta distal, que no aparece reflejada en los núcleos documentados, pero sí en algunas laminillas que la arrastran en su zona distal.

El número de útiles retocados asciende a 52, lo que supone un 8,14% del utillaje, porcentaje muy bajo para un nivel arqueológico en cueva, algo que puede estar relacionado con la funcionalidad de las ocupaciones (Tabla S6.4). Además de la escasez del utillaje retocado, este nivel destaca también por la escasa variedad de los tipos representados: dominando ampliamente en el conjunto el grupo de los buriles, el del utillaje de sustrato y el grupo de los diversos. El grupo de los diversos está compuesto fundamentalmente por láminas parcialmente retocadas en la zona proximal y en los filos proximales, estos retoques pueden responder a un acondicionamiento para el enmangue (Figura 4: 12-13). También aparecen bien representados el grupo de las hojitas retocadas, los perforadores y las piezas de dorso. A la vez que destaca la total ausencia del grupo de los raspadores y de las piezas astilladas (Tabla S6.4).

Además, en el nivel VII se ha documentado un fragmento de canto de ofita que presenta un negativo de una extracción además de huellas de piqueteado en el contorno y con algunas zonas de su superficie abrasionadas (Figura S5.1:2), y un compresor sobre un canto alargado de lutita (Figura S5.1:3). En cuanto al compresor presenta la zona distal activa en ambas caras con abundantes y profundas huellas de uso. En el extremo

opuesto también presenta ciertas marcas de uso, pero mucho menos intensas.

3.2. Industria ósea

La industria ósea recuperada en los niveles VI y VII fue revisada y publicada por C. González Sainz que realizó una breve descripción de los útiles óseos de este yacimiento (González Sainz, 1983). Posteriormente ha sido reanalizada en el marco de una tesis de máster (Larrea Robles, 2017). La práctica totalidad del conjunto descrito por J.M. Barandiarán (Barandiarán, 1969, 1971) se encuentra en el Arkeologi Museoa, pero algunas piezas significativas no se han podido localizar en sus fondos, especialmente un fragmento de "punzón" decorado del nivel VII (Barandiarán, 1971: Fig. 17:3) que ya estaba perdida cuando C. González Sainz realizó su estudio (González Sainz, 1983).

En el Nivel VI se ha recuperado un fragmento pequeño (21 x 16 x 5 mm) de hueso de sección plano-concava con pulimento en las dos caras (Figura 5: 6), y un fragmento mesio-distal (78 x 20 x 8 mm) de varilla realizada sobre asta (Figura 5: 8). La varilla tiene sección plano-concava, con bordes paralelos, el extremo distal apuntado y perfil curvo. Presenta, además, tres incisiones paralelas, posiblemente decorativas, en forma de "S" que nacen del borde izquierdo y otra incisión longitudinal casi paralela al borde derecho. El soporte se obtuvo mediante la técnica del doble ranurado, mientras que la finalización se realizó por pulido, en función de las estrías finas que se observan en la superficie. La fractura proximal es neta, y probablemente se debe a procesos postdeposicionales, mientras que la fractura de la zona distal fue por flexión.

En el Nivel VII se han recuperado seis azagayas sobre asta, ninguna de ellas completa, y tres fragmentos de arpones de sección circular y una hilera de dientes. Las azagayas presentan distintos tipos de secciones (dos cuadrangulares, una rectangular y tres circulares). Las técnicas de fabricación incluyen el ranurado y la flexión para la obtención de soportes, el raspado y el pulido. Algunas de las piezas parecen plenamente terminadas frente a otras en las que no se han eliminado las zonas exteriores de la asta o el tejido esponjoso. El fragmento más completo presenta un base en pedúnculo con surcos transversales, posiblemente relacionados con la fabricación (Figura 5: 7). Ninguna de las piezas presenta decoración. Todas las azagayas están fracturadas, dos de ellas presentan claras fracturas postdeposicionales, mientras que cinco muestran fracturas que son compatibles con el uso. Así, una de las azagayas de grandes dimensiones (136 x 13 x 10 mm) muestra una fractura distal, "en charnière" (Pétillon, 2000: 36) y desconchados en el extremo del bisel que sugieren una fractura por impacto (Figura 5: 7). Dos de los fragmentos de azagayas circulares presentan fracturas en lengüeta profundas que sugieren una fractura en flexión por impacto (Figura

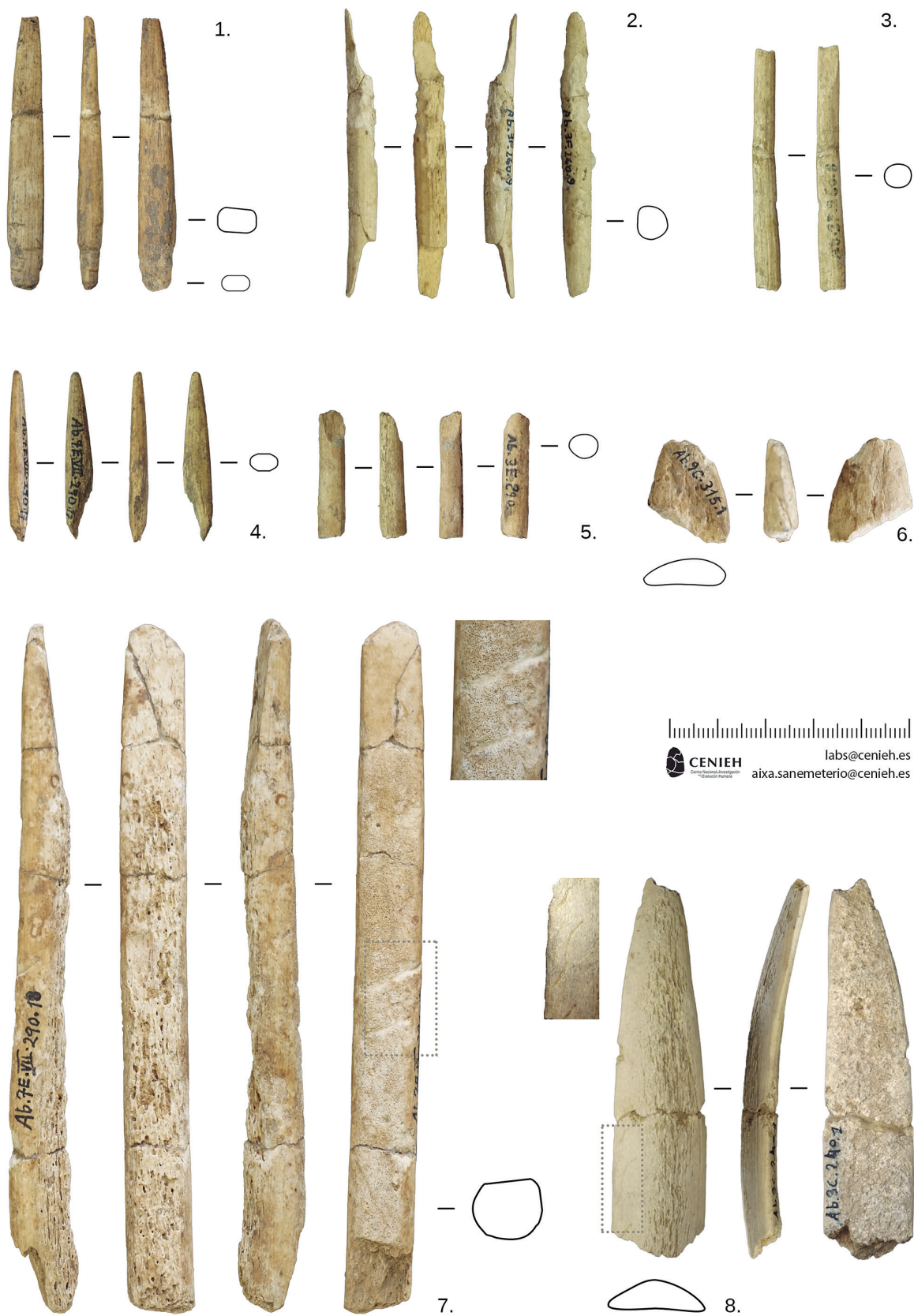


Fig.5. 1-5 y 7. Azagayas del nivel VII. 6. Fragmento óseo pulido del Nivel VI y 8. Varilla del nivel VI. / 1-5 and 7 Bone points from level VII; 6 Polished bone fragment from level VI; 8 Bone rod from level VI.

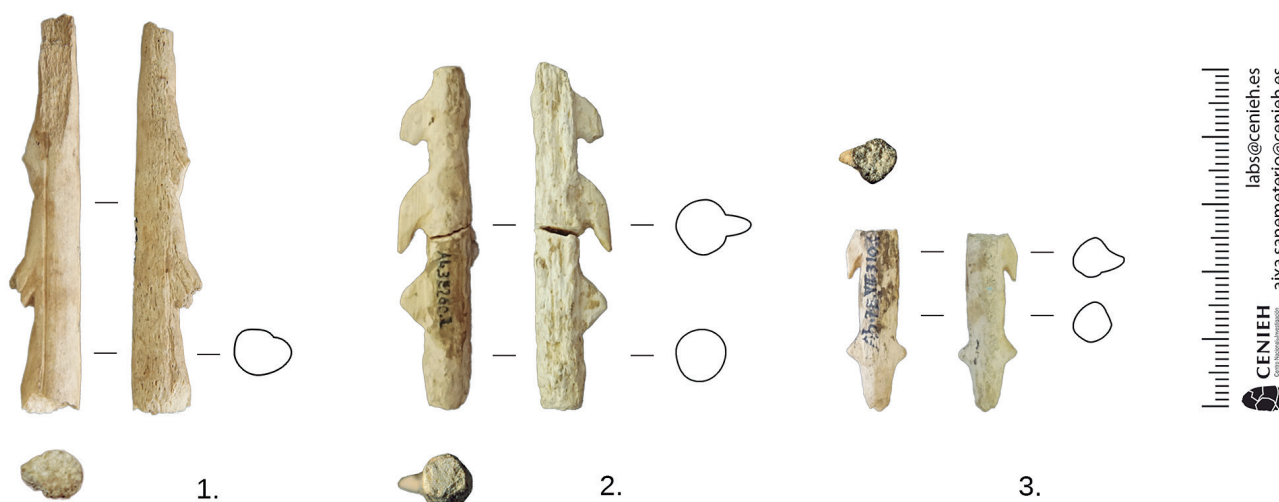


Fig. 6. Arpones del Nivel VII. / Harpoons from level VII.

ra 5: 3 y 5). La azagaya de sección rectangular (34 x 6 x 4 mm) presenta un embotamiento de la punta como consecuencia del uso (Muñoz y San Nicolás, 2010) y una fractura en la zona proximal por flexión que sugiere una fractura por impacto (Figura 5: 1). Finalmente, un fragmento mesial de azagaya de sección circular (57 x 6 x 5 mm) presenta dos aletas en los extremos que permiten proponer la presencia de un útil biahorquillado (González Sainz, 1983), por lo que habría que interpretar la pieza como un *préhampe* (Pétillon y Cattelain, 2004). La pieza está muy alterada y presenta alteraciones postdeposicionales por mordisqueo (Figura 5: 2). Los fragmentos de arpones son todos de sección circular y con una sola hilera de dientes. Uno de los arpones (56 x 8 x 7 mm) no conserva ni la punta ni la base, presentando el extremo distal una fractura en lengüeta por flexión, probablemente producida como resultado de un impacto (Figura 6: 1). Esta pieza presenta además una acanaladura central, lo que puede considerarse como un motivo decorativo o más bien como un acondicionamiento para insertar laminillas de sílex. Los otros dos arpones conservan la base, uno de ellos con un abultamiento doble (26 x 6 x 6 mm) y el otro con abultamiento simple (49 x 6 x 6 mm). En ambos casos las piezas presentan fracturas de origen postdeposicional. Estos arpones muestran huellas de fabricación que indican el uso del raspado y del pulido para la configuración del fuste, mientras que la elaboración de los dientes se ha ejecutado mediante incisión y raspado (Muñoz y San Nicolás, 2010).

3.3. Cerámica

El conjunto cerámico está formado por 106 fragmentos cerámicos aislados y dos recipientes parcialmente reconstruidos a partir de 53 fragmentos (recipiente 1) y 23 (recipiente 2) (S7, Tabla S7.1). Todo este material fue ya documentado por J. M. Barandiarán (Barandiarán, 1969, 1971).

Sin adscripción. El conjunto cerámico que no cuenta con adscripción estratigráfica asciende a un total de 27 fragmentos (Tabla S7.1). Todos ellos están realizados a mano con un predominio de las condiciones de cocción alternantes ($n = 17$) frente a las reductoras ($n = 4$) y oxidantes ($n = 6$). Atendiendo a su morfología, el conjunto está dominado por los galbos convexos ($n = 19$), seguidos por los indeterminados ($n = 6$) y galbos indeterminados ($n = 2$), en su mayoría lisos, aunque se ha observado la presencia de adhesiones de barro plástico con impresiones en las superficies externas ($n = 4$).

Nivel I. El conjunto cerámico adscrito al nivel I y I? (Tabla S7.1) asciende a 39 fragmentos caracterizados por un predominio de las cocciones en atmósfera alternante ($n = 36$) frente a las reductoras ($n = 2$) y oxidantes ($n = 1$). Atendiendo a la morfología, el conjunto está constituido por los galbos convexos ($n = 19$) e indeterminados ($n = 15$). Los fragmentos de galbo indeterminado ($n = 2$) y borde ($n = 3$) constituyen una minoría dentro del conjunto (Figura 7). Los fragmentos de borde identificados presentan una morfología redondeada convexa con direccionalidades vueltas al interior ($n = 2$) o rectas ($n = 1$) (Figura 7). Todos los fragmentos adscritos al nivel I son lisos, estando completamente ausentes los motivos decorativos. Únicamente se ha documentado la presencia de barro plástico con impresiones en las superficies externas de algunos fragmentos ($n = 4$).

Nivel II. Los fragmentos adscritos al nivel II ($n = 19$; Tabla S7.1) están realizados a mano, aunque en un caso se han identificado trazas tecnológicas relacionadas con el posible uso del torno lento. La atmósfera de cocción más representada es la alternante ($n = 13$), seguida de la oxidante ($n = 4$) y reductora ($n = 2$). Morfológicamente, el conjunto refleja un predominio de los galbos convexos ($n = 12$) con la presencia de indeterminados ($n = 2$), galbos indeterminados ($n = 1$), fragmentos de base ($n = 3$) y una fusayola. Las bases son planas con diámetros de 110, 130 y 140 mm

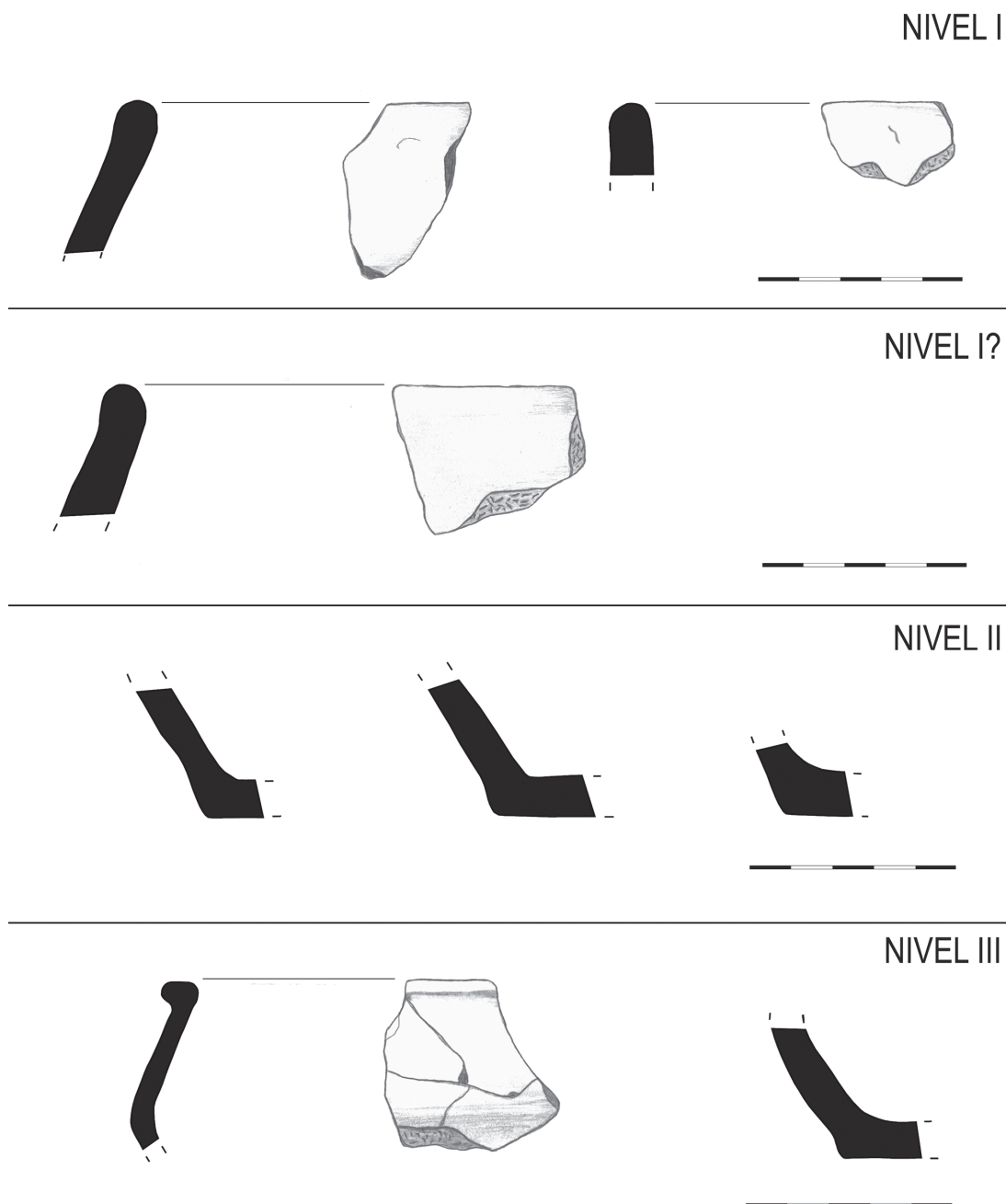


Fig.7. Fragmentos morfológicamente representativos de los distintos niveles arqueológicos. / Representative morphological pottery sherds from different archaeological levels.

y, en algunos casos, ligeramente indicadas (Figura 7). Posiblemente, el elemento más destacado a nivel morfológico es la fusayola circular con perforación central (Figura 8: C). A nivel decorativo, se han identificado dos fragmentos con cordones plásticos adheridos dispuestos en horizontal. En un caso se observa la presencia de una perforación postcocción en un fragmento de galbo posiblemente relacionada con las labores de reparación del recipiente cerámico.

Nivel III. El conjunto adscrito al nivel III asciende a 21 fragmentos (Tabla S7.1) realizados a mano con una coloración característica de una atmósfera alternante no habiéndose observado coloraciones relacionadas con una cocción en atmósfera oxidante o reductora. Atendiendo a su morfología, se observa un predominio de los galbos convexos ($n = 14$) y carenados ($n = 2$) con una escasa representación de los galbos indeterminados ($n = 2$), indeterminados ($n = 1$), bordes ($n = 1$)

y base ($n = 1$). Los fragmentos de galbo convexo y el borde permiten reconstruir una sección del perfil de un pequeño cuenco cerámico cerrado, con carena en la parte media, y borde exvasado y redondeado (Figura 7, nivel III). Por último, se ha identificado la adhesión de barro plástico con impresiones en la superficie externa de los fragmentos ($n = 4$) y una pequeña perforación postcocción en un fragmento de galbo que podría estar relacionada con la reparación del recipiente cerámico.

Los recipientes cerámicos. Durante los años 1990, se procedió a la reconstrucción de dos recipientes que actualmente se encuentran en el Arkeologi Museoa. El denominado “recipiente 1” está constituido por 53 fragmentos (Figura 8: A) adscritos estratigráficamente a los tres niveles de la parte superior de la secuencia documentada en el yacimiento (Tabla S7.1). Actualmente el recipiente presenta un perfil reconstruido de 15,6 cm. Presenta una manufactura a mano y una coloración que denota unas condiciones de cocción alternantes. En ambas superficies se han observado trazas tecnológicas relacionadas con el alisado. Este recipiente presenta una morfología ovoide, de perfil simple cuya

parte superior se caracteriza por un borde de direccionalidad recta y morfología plana. Los diámetros conservados son muy similares en la parte superior (17 cm de diámetro en el borde) y en la parte media (18 cm en la parte central del galbo). La decoración presenta un patrón simple, formado por dos cordones plásticos adheridos paralelos al borde.

Por su parte el “recipiente 2” está constituido por 23 fragmentos (Tabla S7.1; Figura 8) procedentes de los niveles I y II. Actualmente, el recipiente cuenta con una altura de 92,08 mm y un grosor medio de los fragmentos de 8,36 mm. Las superficies internas están regularizadas, mientras que las externas reflejan trazas tecnológicas relacionadas con el alisado. A pesar de que únicamente se conserva una parte del tercio superior del recipiente, parece observarse una morfología ovoide, de perfil simple con un borde de direccionalidad recta y labio de morfología redondeada convexa. El diámetro superior es irregular y se sitúa entre los 17-20 cm, similar al diámetro de la zona superior del galbo. Se trata de un recipiente completamente liso, sin motivos decorativos.

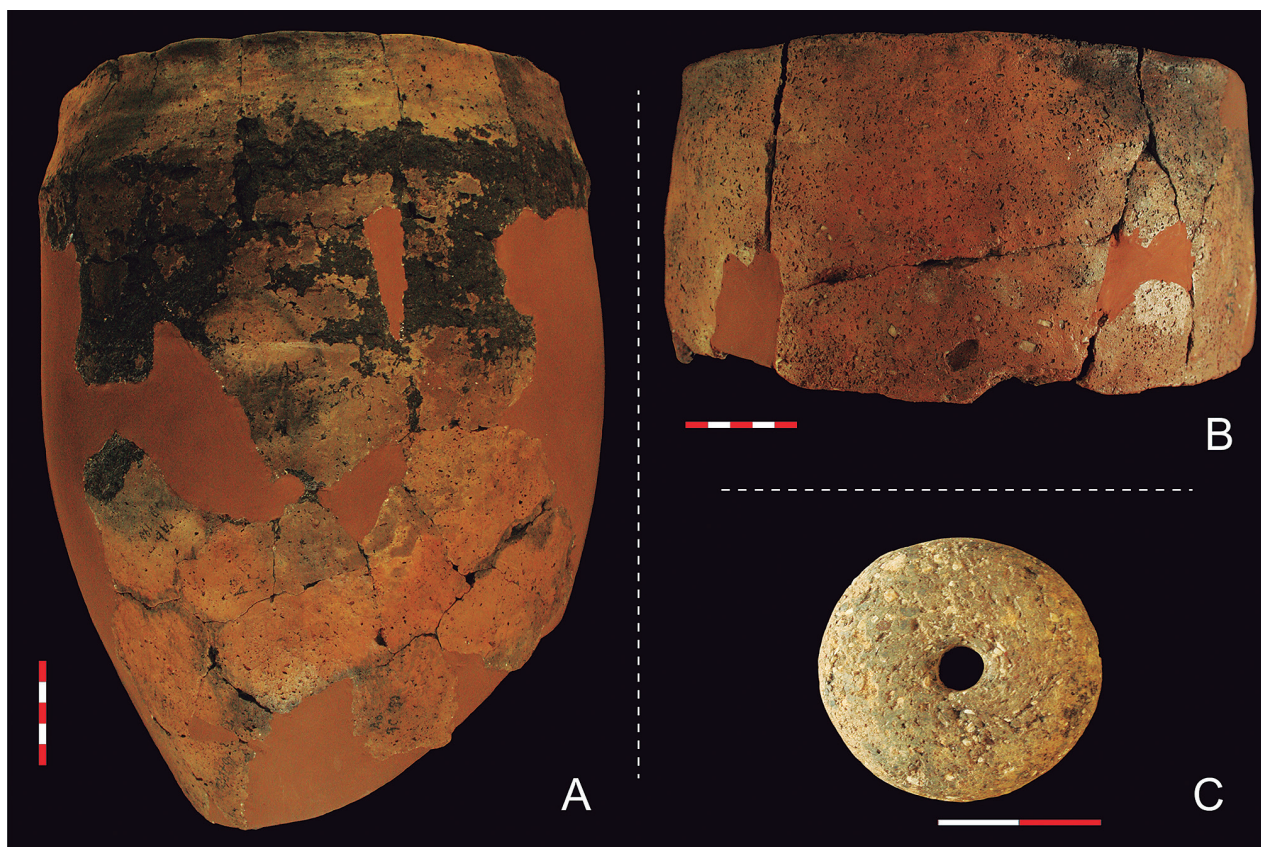


Fig. 8. A) Recipiente 1 en el que remontan fragmentos procedentes de los tres niveles superiores (I, II y III). B) Recipiente 2 que incluye fragmentos procedentes de los niveles I y II. C) Fusayola identificada en el nivel II. / A. Vessel 1 refitted from pottery sherds recorded in the three upper archaeological levels (I, II and III). B). Vessel 2 with pottery sherds recorded in levels I and II. C) Spindle whorl recorded in level II.

3.4. Fauna

En la Tabla S8.1 se muestran el número de restos de aves, macromamíferos, peces y moluscos ordenados por niveles. La mayor parte de los 238 restos de las excavaciones antiguas se recuperaron en el nivel I ($n = 127$) y VII ($n = 35$). Los 32 restos de aves pertenecen a un mínimo de tres taxones: un anseriforme indeterminado, y al menos dos especies de córvidos. La chova piquirroja (*Pyrrhocorax pyrrhocorax*) es la especie más representada del conjunto de aves. En el caso de los macromamíferos, los herbívoros son mayoritarios, mientras que apenas existen tres restos de carnívoros. En los niveles pertenecientes al Holoceno (niveles I-III) predominan los restos de ovicápridos, con la presencia de cerdo/jabalí (*Sus* sp.), un gato (*Felis* sp.) y un resto de cánido (*Canis* sp.). En los niveles del Pleistoceno se han recuperado restos de rebeco (*Rupicapra pyrenaica*), de cabra montés (*Capra pyrenaica*), de ciervo (*Cervus elaphus*) y el único resto de carnívoro se trata de un fragmento de hemimandíbula derecha de gato montés (*Felis silvestris*). También se han recuperado cinco vértebras de pez de los niveles inferiores (VI y VII). Los restos de malacofauna se han recuperado principalmente en los niveles superiores I-IV, siendo las lapas (género *Patella*) los restos mejor representados. Destaca la presencia en los niveles inferiores, V y VII de abundantes ejemplares del gasterópodo *Littorina obtusata*, que aparte del escaso interés bromatológico, pueden indicar su recolección para fabricar objetos de adorno (frecuentes en el Magdaleniense). Por último, indicar la presencia de restos de microfauna, que se limitan al nivel I (cuadros 9Z, 11C-D y 11Z) y que incluye (al menos) tanto restos del Orden Rodentia así como del Orden Eulipotyphla.

3.5. Restos humanos

Se ha contabilizado un total de 32 restos humanos, que comprenden dos dientes, cuatro vértebras, dos clavículas, un húmero, ocho metacarpianos, seis falanges de mano, cuatro metatarsianos y cinco falanges de pie (Tabla S8.2) (Figura 9). No hay duplicación de elementos óseos y son compatibles en términos de edad de muerte, por lo que representarían un único individuo adulto, de más de 29 años de edad de muerte al estar las epífisis esternas de las clavículas completamente fusionadas (Scheuer y Black, 2000). Se ha estimado una estatura comprendida entre los 153,0 y los 157,4 cm tomando como referencia la longitud máxima de los metatarsianos y metacarpianos, usando los métodos de Pablos *et al.*, (2013) y Meadows *et al.*, (1992) respectivamente. No se ha podido hacer una determinación sexual por falta de elementos diagnósticos, pero la estatura estimada para este individuo estaría por debajo de la media de los individuos determinados como mujeres del yacimiento de Txotxinkoba (García-Sagastibelza *et al.*, en prensa). Esto sugiere que los restos de Abittaga, con todas las reservas debidas a la precaria

representación anatómica y ausencia de elementos diagnósticos, podrían haber pertenecido a un individuo femenino. Una falange de mano (AB.7D.180.F) de este individuo ha sido datada directamente con un resultado de 3.478 ± 36 BP (Ua-64120, 1895-1690 cal BC, 95% probabilidad) (Tabla S4.1.).

4. DISCUSIÓN

El yacimiento de Abittaga, al igual que otros excavados por J.M. Barandiarán como Atxurra o Lumentxa, ha contribuido de manera testimonial en los debates y discusiones sobre el Magdaleniense de la Región Cantábrica y en la discusión sobre el uso de las cuevas en la Prehistoria Reciente. Las causas de esta escasa relevancia, semejantes a las de otros conjuntos como Atxurra (Rios-Garaizar *et al.*, 2019), son múltiples y tienen que ver con la escasa definición arqueológica de las secuencias excavadas, la falta de documentación detallada de los trabajos de campo, la ausencia de estudios y descripciones sistemáticas de los materiales, los problemas de conservación y la ausencia de datos cronológicos precisos.

Las primeras incógnitas surgen al contrastar los resultados de la excavación de J.M. Barandiarán (S1) con los de la excavación de J.M. Apellániz (S2) y con los resultados obtenidos en la intervención de 2016 (S3). Resulta sorprendente que en las dos últimas intervenciones apenas se recuperase material arqueológico y que todas las secuencias descritas sean diferentes. Si observamos la documentación proporcionada por J.M. Barandiarán, vemos que en las publicaciones de 1969 y 1971 se presentan dos secciones estratigráficas diferentes, ambas, en principio, procedentes del corte de la banda 5. Por otro lado, si situamos sobre el plano de la excavación la densidad de restos líticos del nivel VII vemos que se concentra en una banda de apenas 2 m paralela a la pared E de la cueva, el nivel V-VI apenas aparece en dos cuadros, al igual que el nivel IV. Esto nos lleva a plantear la hipótesis de que la secuencia paleolítica (niveles IV-VII) sólo estuviese conservada en una estrecha banda del depósito, pegada a la pared derecha, y que en la zona central e izquierda de la sala estos niveles no estuvieran conservados, posiblemente por erosión y transporte hacia el interior de la cueva. Esto explicaría por qué J.M. Apellániz no documentó el Magdaleniense (S1) y por qué en 2016, aunque se localizó una unidad asimilable a los niveles V-VII de J.M. Barandiarán (Unidad 2), no se recuperaron apenas materiales arqueológicos (S3).

El análisis de los restos arqueológicos recuperados por J.M. Barandiarán en la cueva de Abittaga entre 1964 y 1966 permite apuntar algunas cuestiones acerca de la integridad del yacimiento y de la validez de la secuencia estratigráfica. La información obtenida del estudio de la cerámica de los niveles I, II y III muestra que estos niveles presentan claras evidencias de remoción y que incorporan materiales de distintas cronolo-

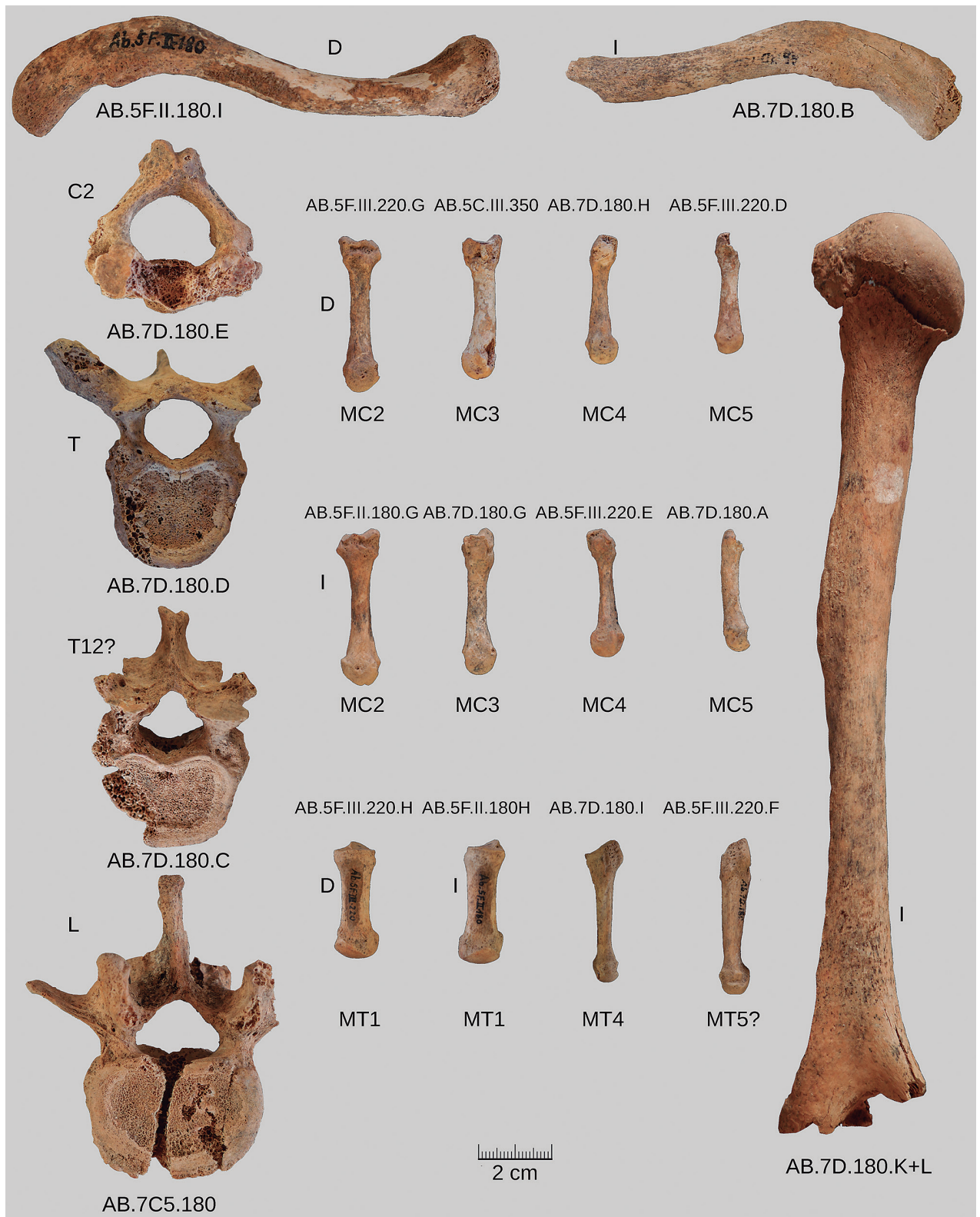


Fig.9. Selección de los restos humanos recuperados en Abittaga. D = lado derecho; I = lado izquierdo. C = vértebra cervical; T = vértebra torácica; L = vértebra lumbar. MC = hueso metacarpiano; MT = hueso metatarsiano. En el extremo superior de la figura se muestran las dos clavículas, en la columna de la izquierda las vértebras, en la parte central los huesos metacarpianos (dos filas superiores) y metatarsianos (fila inferior), y en la parte derecha el húmero izquierdo. / Selected human remains from Abittaga. D = right side; I = left side. C = cervical vertebra; T = thoracic vertebra; L = lumbar vertebra. MC = metacarpal bones; MT = metatarsal bones. Top of the figure: the two clavicles are shown; on the left column the vertebrae; on the central part of the figure the metacarpal (the upper two rows) and metatarsal (lower row) bones; and finally, on the right side, the left humerus.

gías, impidiendo así garantizar la integridad del depósito (Tabla S6.1). A pesar de ello, llama poderosamente la atención la inexistencia de materiales realizados claramente a torno, al menos, en el nivel más superficial de la secuencia lo que posiblemente se debe a una selección en la recogida de materiales cerámicos. No se han identificado materiales que se puedan atribuir claramente a un uso de la cavidad durante el Neolítico, aunque la indefinición morfológica y decorativa de los conjuntos cerámicos neolíticos de la región no permite apuntar rasgos característicos de estos primeros conjuntos cerámicos (Cubas, 2013). En segundo lugar, la presencia de grandes orzas y las decoraciones de barro plástico permiten apuntar una ocupación a finales del III y mediados II milenio cal BC, momento al que se adscriben estos materiales en función de las dataciones obtenidas en otros yacimientos de la región cantábrica. Por último, el pequeño cuenco cerrado documentado en el nivel III (Figura 7, nivel III) y la fusayola (Figura 8: C), generalmente relacionada con la aparición de las actividades textiles, podrían relacionarse con una ocupación posterior en torno a finales del II-mediados del I milenio cal BC. De tal manera y, a pesar de no poder individualizar estratigráficamente las distintas ocupaciones, se pueden apuntar distintas actividades en la cavidad entre el III y el I milenio cal BC, posiblemente de distinta naturaleza destacando un episodio funerario datado directamente entre el 1895-1689 cal BC (Ua-64120: 3478 ± 36 BP. Ver S4, Tabla S4.1). Los paralelos más cercanos en Bizkaia serían dos de las dataciones directas en restos humanos de las cuevas de Arlanpe (Beta-339110: 3580 ± 30 BP; Beta-299200: 3510 ± 30 BP; Rios-Garaizar *et al.*, 2013), el individuo inmaduro (Individuo 1) de la cercana cueva de Lumentxa (Beta-493404: 3550 ± 30 BP; García-Sagastibelza *et al.*, en prensa), el individuo de Kobaederra (AA-29109: 3545 ± 60 BP; Ibañez *et al.*, 1999) y dos de las dataciones de Urratxa III (Ua-11430: 3405 ± 70 BP; Ua-11431: 3475 ± 80 BP; Muñoz Salvatierra and Berganza, 1997).

El nivel IV ofrece muy pocos elementos que permitan hacer una evaluación ponderada del mismo, pero la ausencia de cerámica parece imposibilitar una atribución a la Prehistoria Reciente, siendo posiblemente del final del Paleolítico o al Mesolítico. Los niveles V y VI también han proporcionado escasos materiales, pero se asemejan bastante a los recuperados en el nivel VII.

El nivel VII fue asignado por J. M. Barandiarán al Magdaleniense VI y posteriormente C. González Sainz concretó su pertenencia al Magdaleniense Superior final Cantábrico (González Sainz, 1983). La datación obtenida, entre 14321 y 14051 cal BP (Beta-457783: 12240 ± 40 BP. Ver S4, Tabla S4.1) se encuadra perfectamente en las dataciones del Magdaleniense Superior final de la cuenca del Lea, el resultado es coincidente con los de la Unidad 2 de Atxurra, con el conjunto interno asociado al arte rupestre de Atxurra, con los de la Unidad IV de Armiña (Rios-Garaizar *et al.*, 2020) y con los del nivel III de Santa Catalina (Berganza y Arribas,

2014a), y algo más antiguo que las dataciones obtenidas en Laminak II (Berganza y Arribas, 1994). El nivel, aunque espeso, parece corresponderse con un número pequeño de eventos de ocupación, a tenor de la aparente uniformidad del registro arqueológico, con varias series de remontajes (S6, Tabla S6.1), y por la propia articulación del espacio en torno a una estructura de hogar, tal y como queda reflejado en las memorias de J.M. Barandiarán (1969, 1971) y en la propia presencia de materiales quemados en este nivel. El conjunto lítico recuperado muestra algunas peculiaridades respecto al típico conjunto magdaleniense en cueva de la región. Se distinguen dos cadenas operativas, una de producción de laminillas a partir de núcleos sobre pequeños cantos o sobre lasca, destacando las producciones a partir de buriles espesos. Esta cadena operativa está bien representada en el conjunto, como evidencian la presencia de núcleos, productos de acondicionamiento, laminillas y laminillas retocadas. Esta imagen queda reforzada también por las secuencias de remontajes identificadas en el nivel, que implican algunas secuencias de talla cortas a partir de buriles nucleiformes. Por otro lado, hay otra cadena operativa, de fabricación de láminas de gran porte, que está representada sólo parcialmente en el yacimiento. Estas láminas son los soportes de parte de los útiles retocados, especialmente de las hojas retocadas total o parcialmente. Esta cadena operativa parece que se desarrolla fuera del yacimiento y que a éste se importan productos ya terminados, aunque la presencia de productos de acondicionamiento provenientes de este tipo de producciones puede estar indicando el transporte de núcleos y la producción *in situ* de láminas. Destaca también la escasez de útiles retocados, y especialmente la ausencia de raspadores, esto parece indicar una cierta especialización funcional del conjunto. La abundancia de buriles coincide con la abundancia de elementos de industria ósea, especialmente azagayas y arpones. Esta composición del utillaje recuerda a otros niveles, como el nivel III de Santa Catalina, en el que hay un predominio de los buriles, abundancia de laminillas de dorso y una rica industria ósea con numerosos y variados arpones (Berganza y Arribas, 2014b), o a la del Magdaleniense Superior final de Atxurra con un predominio de buriles y hojitas retocadas, aunque sin la rica industria ósea de Abittaga (Rios-Garaizar *et al.*, 2019). La industria ósea de Abittaga es especialmente rica, varios de los objetos recuperados por J.M. Barandiarán, tanto azagayas como arpones, muestran fracturas que son compatibles con un uso como armas de caza/pesca. El análisis funcional de objetos semejantes recuperados en el Magdaleniense Superior de El Horno (Ramales de la Victoria, Cantabria), datado en el 15380-14070 cal BP (GX-27457: 12,530 ± 190 BP) ha puesto de manifiesto su uso en actividades de caza o de pesca de grandes peces (Fano *et al.*, 2013). En el registro faunístico de Abittaga hay restos de peces en los niveles VI y VII, y respecto a la macrofauna destacan los restos de ciervo y cabra. Resulta interesante la presencia de conchas

de gasterópodos marinos en los niveles V y VII, que vinculan el yacimiento con la explotación del margen costero, cuya posición para el Magdaleniense Superior ha sido estimada 4-5 km más lejos que la posición actual (Berganza y Arribas, 2014b), a unos 8 km de distancia en línea recta. La posición de Abittaga, casi 80 m por encima del cauce del Lea, en una zona en la que el río va encajado y con escasa visibilidad desde la boca de la cueva, es semejante a la de otros yacimientos del entorno como Atxurra (Figura 1). En contextos geográficamente próximos, como el valle del Asón, se ha puesto de relieve el abandono de los grandes lugares referenciales que se ocupan durante el Magdaleniense Inferior y la ocupación de cuevas cada vez más pequeñas, con ocupaciones más efímeras, y que además están situadas en puntos de escasa visibilidad, se ha interpretado como un efecto de "la disgregación de los grupos de cazadores-recolectores en unidades más pequeñas" (García Moreno, 2010: 333).

Las características del conjunto arqueológico del nivel VII parecen indicar que la cueva de Abittaga fue utilizada como campamento ocasional, probablemente un alto de caza, en el que, en torno a un hogar, se realizaron actividades de reaprovisionamiento de utillaje lítico y de reparación y sustitución de utillaje óseo. La presencia de algunas manchas de color rojo en muy mal estado junto a la zona de ocupación, y atribuidas en principio a este momento de ocupación (Garate, 2017), sugieren también el desarrollo de otras actividades, quizás de naturaleza artística-simbólica en la boca de la cueva.

La ocupación del Magdaleniense Superior de Abittaga fue probablemente realizada por los mismos grupos magdalenienses que ocuparon y decoraron algunas de las cuevas del entorno, como Santa Catalina, Lumentxa, Armiña o Atxurra (Figura 1). Todos estos yacimientos evidencian un complejo patrón de ocupación de un territorio, la cuenca de Lea, en la que la presencia humana durante el Magdaleniense Superior parece especialmente intensa, con yacimientos de diferente tipología relacionados entre sí. En otros puntos de la región cantábrica, por ejemplo, el valle del Asón o el tramo final del Deba, se reconocen al final del Magdaleniense redes de asentamientos compuestas por emplazamientos de tipologías diversas que sugieren una creciente territorialización, en línea con la idea de la atomización de los grupos de cazadores-recolectores (González Sainz y González Urquijo, 2004; García Moreno, 2010). Hay, sin embargo, otros indicadores que sugieren la existencia, en el Magdaleniense Superior, de relaciones entre grupos que se dan en marcos geográficos más amplios. Por ejemplo, en yacimientos como Abittaga, El Horno o Arenaza, se documentan porcentajes relevantes de materias primas líticas de origen lejano, 13% de sílex de Urbasa (ca. 60 km) en Abittaga (Tabla S6.1), 8.6% de Monte Picota (ca. 50 km) en El Horno, o el 21% de sílex traslúcido (ca. 50 km) en el caso del nivel V de Arenaza (Fano *et al.*, 2020; Rios-Garaizar y San Emeterio, 2012). Sin embar-

go, en otros yacimientos más cercanos, como Atxurra, el porcentaje de sílex lejano es muy bajo (Rios-Garaizar *et al.*, 2019). Otro ejemplo de estas amplias redes de comunicación durante el Magdaleniense Superior sería la existencia de tipos de ciertos tipos representaciones, como las cabras en visión frontal, que aparecen en yacimientos como Atxurra (Garate *et al.*, 2020), pero que tienen una amplia distribución en la cornisa cantábrica, en los Pirineos centrales y en la Dordoña, lo que refuerza la idea de cierta unidad cultural o de fluidez en la transmisión de conceptos e ideas durante el Magdaleniense Superior (Rivero *et al.*, 2014).

5. CONCLUSIONES

La revisión de la colección de Abittaga, excavada por J.M. Barandiarán, ha permitido obtener una visión global de los usos prehistóricos de la cavidad, especialmente de las ocupaciones que se dan entre el III y el I milenio cal BC, incluyendo el uso funerario para enterrar un individuo adulto; y las ocupaciones del Magdaleniense Superior, que hemos interpretado como un campamento ocasional en el que se realizaron actividades de mantenimiento del utillaje y probablemente otras actividades de carácter simbólico-ritual. Por otro lado, la excavación realizada en 2016 ha proporcionado muy poca información y no ha permitido contrastar las estratigrafías descritas por J.M. Barandiarán y J.M. Apellániz. Probablemente las excavaciones del primero agotaron el potencial estratigráfico de un testigo conservado junto a la pared derecha del vestíbulo de entrada, estando las ocupaciones prehistóricas en el resto de este vestíbulo totalmente arrasadas por fenómenos vinculados con el desarrollo del karst, aunque es posible que bajo el potente cono de derrubios de la entrada aún queden preservadas evidencias de estas ocupaciones.

6. INFORMACIÓN SUPLEMENTARIA

http://www.aranzadi.eus/fileadmin/docs/Munibe/maa.2020.71.06_anexo.pdf

7. AGRADECIMIENTOS

La intervención y el estudio de materiales antiguos en la cueva de Abittaga, fue autorizada y subvencionada por el Servicio de Patrimonio Cultural de la Diputación Foral de Bizkaia (A013/2016, 72095530YA). AGO ha recibido apoyo de FEDER/Ministerio de Ciencia e Innovación-Agencia Estatal de Investigación (proyecto PGC2018-093925-B-C33), del Grupo de Investigación IT1418-19 de Eusko Jaurlaritz-Gobierno Vasco y tiene un contrato Ramón y Cajal (RYC-2017-22558). AGS tiene un contrato predoctoral de la UPV/EHU para realizar la tesis en cotutela entre dicha universidad y la Universidad de Burdeos. Iñaki Intxaurre (UPV/EHU) nos ha proporcionado las coordenadas de los yacimientos reflejadas en el mapa de la Figura 1. Queremos agra-

decer al Arkeologi Museoa de Bilbao las facilidades concedidas para la consulta de materiales y de documentación anexa, especialmente a Sonia Aníbarro. Encarnación Regalado y Ander Ugarte colaboraron en la excavación de 2016.

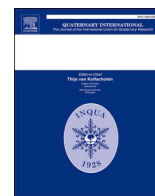
8. BIBLIOGRAFÍA

- Apellániz, J.M., 1973. Corpus de materiales de las culturas prehistóricas con cerámica de la población de cavernas del País Vasco meridional. Sociedad de Ciencias Aranzadi, San Sebastián. (Munibe, Sup. 1).
- Arias, P., 1991. De cazadores a campesinos. La transición al neolítico en la región cantábrica. Universidad de Cantabria, Santander.
- Arribas, J.L., 1994. Cueva de Lumentxa (Lekeitio): VIII campaña de excavaciones. *Arkeoikuska* 1993, 105-107.
- Barandiarán, J.M., 1969. Excavaciones en Abittaga (Amoroto-Vizcaya). Campaña de 1965. *Noticiario Arqueológico Hispánico X-XI y XII*, 280-287.
- Barandiarán, J.M., 1971. Excavaciones en Abittaga (Amoroto-Vizcaya). Campaña de 1966. *Noticiario Arqueológico Hispánico XIII-XIV*, 291-306.
- Berganza, E., Arribas, J.L., 1994. El asentamiento paleolítico de Laminak II (Berriatua, Bizkaia). *Kobie Paleoantropología* 21, 5-7.
- Berganza, E., Arribas, J.L., 2014a. La intervención arqueológica en el yacimiento de la cueva de Santa Catalina. In: Berganza, E., Arribas, J.L. (coords.), *La Cueva de Santa Catalina (Lekeitio, Bizkaia): La intervención arqueológica. Restos vegetales, animales y humanos*. Diputación Foral de Bizkaia, Bilbao. *Kobie Serie BAI* 4, 7-24.
- Berganza, E., Arribas, J.L., 2014b. El entorno físico de las ocupaciones de Santa Catalina. In: Berganza, E., Arribas, J.L. (coords.), *La Cueva de Santa Catalina (Lekeitio, Bizkaia): La intervención arqueológica. Restos vegetales, animales y humanos*, 367-378. Diputación Foral de Bizkaia, Bilbao. *Kobie Serie BAI* 4.
- Castaños, P., 1986. Los macromamíferos del Pleistoceno y Holoceno de Vizcaya. Tesis Doctoral, Universidad del País Vasco.
- Cubas, M., 2013. La aparición de la tecnología cerámica en la región cantábrica. *Archaeopress, Oxford. BAR International Series* 2566.
- Fano, M.A., Chauvin, A., Clemente-Conte, I., Tarrío, A., Teira, L.C., 2020. Magdalenian knappers in the Asón Valley: Level 2 at El Horno Cave (Ramales de la Victoria, Cantabria, Spain). *Journal of Archaeological Science: Reports* 30. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2020.102230>.
- Fano, M.A., Clemente, I., Rivero, O., 2013. Apuntes en torno al uso de los arpones magdalenenses: primeras observaciones microscópicas a partir de los materiales de El Horno (Ramales de la Victoria, Cantabria). *Trabajos de Prehistoria* 70, 332-345.
- Fernández Eraso, J., 1985. Las culturas del Tardiglaciario en Vizcaya. Universidad del País Vasco, Vitoria.
- Fernández Ibáñez, C., 1986. El grabado esquemático sobre canto rodado de la caverna de Abittaga (Vizcaya). *Pirineos* 128, 141-144.
- Garate, D., 2012. Neandertales y Cromañones. Los primeros pobladores de Bizkaia. *Guías del Arkeologi Museoa*, 2. Diputación Foral de Bizkaia y Arkeologi Museoa, Bilbao.
- Garate, D., 2017. Redescubriendo el arte parietal paleolítico (Kobie Anejo, 16). Diputación Foral de Bizkaia, Bilbao.
- Garate, D., Rios-Garaizar, J., Ruiz, A., 2013. El arte parietal paleolítico de la cueva de Lumentxa (Lekeitio, Bizkaia). *Kobie Paleoantropología* 32, 5-28.
- Garate, D., Libano, I., Vega, S., 2015. Cueva Abittaga. I Campaña. Estudio de arte rupestre. *Arkeoikuska* 2015, 174-175.
- Garate, D., González, C., Intxaurbe, I., 2016-2017. Arte parietal paleolítico en la cueva de Ondaro (Nabarniz, Bizkaia). *Kobie Paleoantropología* 35, 37-48.
- Garate, D., Rivero, O., Rios-Garaizar, J., Arriolabengoa, M., Alcaide, M.A., Ruiz, J., Intxaurbe, I., Salazar, S., Libano, I., 2020. The cave of Atxurra: A new major Magdalenian rock art sanctuary in Northern Spain. *Journal of Archaeological Science: Reports* 29. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2019.102120>.
- García Moreno, A., 2010. Patrones de asentamiento y ocupación del territorio en el Cantábrico oriental al final del Pleistoceno una aproximación mediante SIG. Tesis Doctoral, Universidad de Cantabria, Santander. Disponible en: <https://www.educacion.es/teseo/mostrarRef.do?ref=854409>.
- García-Sagastibelza, A., Arribas Pastor, J.L., López-Onaindia, D., Pomeroy, E., Rodríguez-Hidalgo, A., Castex, D., Couture-Veschambre, C., Gómez-Olivencia, A., en prensa. The human remains from the Lumentxa cave (Lekeitio, Biscay, Northern Iberian Peninsula): Paleobiology, taphonomy and chronology. *Quaternary International*. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2020.06.043>.
- García-Sagastibelza, A., López-Onaindia, D., Lambacher, N., Pomeroy, E., Cubas, M., Subirà, M.E., Castex, D., Couture-Veschambre, C., Gómez-Olivencia, A., en prensa. The funerary use of caves during the Holocene in the Atlantic Western Pyrenees: new information from Atxuri-I and Txotxinkoba caves (Biscay, Northern Iberian Peninsula). *Quaternary International*. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2020.09.029>.
- González Sainz, C., 1983. Las industrias del Magdalenense Superior-Final de la Cueva de Abittaga (Amoroto, Vizcaya). *Kobie Paleoantropología* 13, 59-71.
- González Sainz, C., González Urquijo, J.E., 2004. El Magdalenense reciente en la Región Cantábrica. In: Fano, M.A. (Coord.), *Las sociedades del Paleolítico en la Región Cantábrica*, 275-308. Diputación Foral de Bizkaia, Bilbao. *Kobie Anejo*, 8.
- González Sainz, C., López Quintana, J.C., 2017a. Cueva de Armintxe. Estudio del arte parietal. *Arkeoikuska* 2016, 290-294.
- González Sainz, C., López Quintana, J.C., 2017b. Cueva de Goikolau. Estudio del arte parietal, I Campaña. *Arkeoikuska* 2016, 245-250.
- Ibáñez, J.J., Zapata, L., González Urquijo, J., 1999. Cueva de Kobaederra (Kortezubi): V Campaña de excavación. *Arkeoikuska* 1999, 70-72.
- Larrea Robles, M., 2017. La industria ósea Magdalenense de las cuevas de Abittaga (Amoroto-Bizkaia) y Lumentxa (Lekeitio-Bizkaia). Trabajo Fin de Master. UNED, Madrid.
- Le Brun-Ricalens, F., Brou, L., 2003. Burins carénés-nucléus à lamelles: identification d'une chaîne opératoire particulière à Thèmes (Yonne) et implications. *Bulletin de la Société Préhistorique Française* 100, 67-83.
- Llanos, A., 1966. Resumen Tipológico del Arte Esquemático en el País Vasco-Navarro. *Estudios de Arqueología Alavesa* 1, 149-158.

- Meadows, L., A., M., Jantz, R. L. 1992. Estimation of Stature from Metacarpal Lengths. *Journal of Forensic Sciences* 37(1), 147-154.
- Muñoz, F.J., San Nicolás, M.P., 2010. La cultura material como fuente esencial de conocimiento en Arqueología. UNED, Madrid.
- Muñoz Salvatierra, M., Berganza, E., 1997. La cueva de Urratxa III (Orozko, Bizkaia). Excavación, cronología y análisis de las industrias lítica y ósea. El canto pintado. En: Muñoz Salvatierra, M., Berganza, E. (Eds.), *El yacimiento de la cueva de Urratxa III (Orozko, Bizkaia)*, 9-71. Universidad de Deusto, Bilbao.
- Pablos, A., Gómez-Olivencia, A., García-Pérez, A., Martínez, I., Lorenzo, C., Arsuaga, J.L., 2013. From toe to head: Use of robust regression methods in stature estimation based on foot remains. *Forensic Science International* 226, 299e1-299e7.
- Pétilion, J.M., 2000. Les pointes à base forchue magdalénienues: approche fonctionnelle. *Préhistoire Anthropologie Méditerranéennes* 9, 29-55.
- Pétilion, J.M., Cattelain, P., 2004. Nouvel examen de l'armature composite magdalénienne du Tuc d'Audoubert (Montesquieu-Avanès, Ariège). *Bulletin de la Société Préhistorique Française* 101, 45-53.
- Rios-Garaizar, J., Garate Maidagán, D., Gómez-Olivencia, A., 2013. Ocupaciones humanas prehistóricas en el yacimiento de la cueva de Arlanpe (Lemoa, Bizkaia). En: Rios-Garaizar, J., Garate Maidagán, D., Gómez-Olivencia, A. (Eds.), *La cueva de Arlanpe (Lemoa): Ocupaciones humanas desde el Paleolítico Medio Antiguo hasta la Prehistoria Reciente*, 277-294. Bizkaiko Foru Aldundia-Diputación Foral de Bizkaia, Bilbao. Kobie, Serie BAI, 3.
- Rios-Garaizar, J., San Emeterio Gómez, A., 2012. Avance del estudio de la industria lítica del yacimiento de Arenaza I (Galdames, Bizkaia). Informe. Arkeologi Museoa, Bilbao.
- Rios-Garaizar, J., San Emeterio, A., Larrea Robles, M., Marín-Arroyo, A.B., Agudo Pérez, L., Cubas Morera, M., Garate Maidagan, D., 2019. La secuencia prehistórica de la cueva de Atxurra (Berriatua, Bizkaia): evaluación de las excavaciones de J.M. Barandiarán Ayerbe (1934-1935). *Munibe Antropologia-Arkeologia* 70, 21-34.
- Rios-Garaizar, J., San Emeterio, A., Arriolabengoa, M., Aranbarri, J., Rofes, J., Marín-Arroyo, A.B., Rivero, O., Intxaurre, I., Arranz-Otaegui, A., Salazar, S., Medina-Alcaide, M.Á., Garate, D., 2020. Sporadic occupation in Armiña cave during the Upper Magdalenian: What for? *Journal of Archaeological Science: Reports* 30, 102271. <https://doi.org/10.1016/J.JAS-REP.2020.102271>.
- Rivero, O., Fano, M., Garate, D., 2014. Relationships between recent Magdalenian societies in Cantabrian Spain, through the technical and formal analysis of frontal representations of Ibex. In: Otte, M., Le Brun F. (Coords.), *Modes de contacts et de déplacements au Paléolithique eurasiatique*, 589-601. ERAUL 140.
- Scheuer, L., Black, S., 2000. *Developmental Juvenile Osteology*. Elsevier Academic Press, Gran Bretaña.
- Urrutia, A.M., Urrutia, S., ADES, 2005. Karlsten arma gordelekua Abittagako koban (Amoroto-Bizkaia): aurkikuntza arkeologiko batek historia garaikideko gertakizun bitxiak ateratzen ditu argitara. *Illunzar* 5, 99-114.

Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

Quaternary International

journal homepage: www.elsevier.com/locate/quaint

Corrigendum to “The funerary use of caves during the Holocene in the Atlantic Western Pyrenees: New information from Atxuri-I and Txotxinkoba caves (Biscay, Northern Iberian Peninsula) [Quat. Int. 566–567 (2020) 171–190]”

Andrea García-Sagastibelza^{a,b,*}, Diego López-Onaindia^{a,b,c,d,**}, Nicole Lambacher^e,
Emma Pomeroy^f, Miriam Cubas^{e,g}, Maria Eulàlia Subirà^{c,d}, Dominique Castex^b,
Christine Couture-Veschambre^b, Asier Gómez-Olivencia^{a,e,h,***}

^a Dpto. Geología, Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad del País Vasco, Euskal Herriko Unibertsitatea, Barrio Sarriena s/n, 48940, Leioa, Spain

^b UMR 5199 PACEA, Université de Bordeaux, Allée Geoffroy Saint Hilaire, Bâtiment B8. CS 50023, 33615, Pessac Cedex, France

^c Unitat d'Antropologia Biologica, Departament de Biologia Animal, Biologia Vegetal i Ecologia, Facultat de Biociències, Universitat Autònoma de Barcelona, 08193, Bellaterra, Spain

^d GREAB – Research Group in Biological Anthropology, Departament d'Universitats, Recerca i Societat de la Informació, Government of Catalonia, Spain

^e Sociedad de Ciencias Aranzadi, Zorroagaina 11, 20014, Donostia-San Sebastián, Spain

^f Department of Archaeology, University of Cambridge, Downing Street, Cambridge, CB2 3DZ, UK

^g Departamento de Historia y Filosofía, Universidad de Oviedo, C/Amparo Pedregal s/n, E-33011, Oviedo, Spain

^h Centro UCM-ISCIH de Investigación sobre Evolución y Comportamiento Humanos, Avda. Monforte de Lemos 5, Pabellón 14, 28029, Madrid, Spain

ARTICLE INFO

Keywords

Funerary behaviour

Sepulchral caves

Radiocarbon dates

MNI

Late prehistory

The authors regret that in Table 1 (García-Sagastibelza et al., 2020) there are multiple dates provided for Aizpea. At this site the only directly dated human remain have yielded an age of $6,600 \pm 50$ BP (5,622–5,478 cal BCE). The rest of the dates for this site date different levels using faunal and seed remains. Thus, our original article should have stated that in the Atlantic Western Pyrenees there are more than 187 sepulchral caves with presumed Holocene burials, and that there are 70 (not 74) direct dates on human bones from a total of 38 sites. Additionally, those instances in the text (García-Sagastibelza et al., 2020) in which Aizpea is mentioned to have evidence of funerary activity across different time

periods should be disregarded. Finally, two of the references regarding the date of the human remain of Aizpea are incorrect, and should be cited as follows (Barandiarán and Cava, 2001; de la Rúa et al., 2002).

The authors would like to apologise for any inconvenience caused.

Declaration of competing interest

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

DOI of original article: <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2020.09.029>.

* Corresponding author. UMR 5199 PACEA, Université de Bordeaux, Allée Geoffroy Saint Hilaire, Bâtiment B8. CS 50023, 33615, Pessac Cedex, France.

** Corresponding author. Dpto. Geología, Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad del País Vasco, Euskal Herriko Unibertsitatea, Barrio Sarriena s/n, 48940, Leioa, Spain.

*** Corresponding author. Sociedad de Ciencias Aranzadi, Zorroagaina 11, 20014, Donostia-San Sebastián, Spain.

E-mail addresses: andrea.garcia@ehu.eus (A. García-Sagastibelza), diego.lopez.onaindia@gmail.com (D. López-Onaindia), asier.gomez@ehu.eus (A. Gómez-Olivencia).

<https://doi.org/10.1016/j.quaint.2021.04.021>

Received 9 April 2021; Received in revised form 12 April 2021; Accepted 12 April 2021

Available online 14 May 2021

1040-6182/© 2021 Elsevier Ltd and INQUA. All rights reserved.

References

- Barandiarán, I., Cava, A., 2001. Cazadores-Recolectores en el Pirineo navarro. El sitio de Aizpea entre 8000 y el 6000 años antes de ahora, 10. Servicio Editorial. Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea. Vitoria-Gasteiz. Veleia. Anejos. Serie maior.
- García-Sagastibelza, A., López-Onaindia, D., Lambacher, N., Pomeroy, E., Cubas, M., Subirá, M.E., Castex, D., Couture-Veschambre, C., Gómez-Olivencia, A., 2020. The funerary use of caves during the Holocene in the Atlantic western Pyrenees: new information from Atxuri-I and Txotxinkoba caves (Biscay, Northern Iberian Peninsula). *Quat. Int.* 566–567, 171–190. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2020.09.029>.
- de la Rúa, C., Baraybar, J.P., Iriondo, M., Izaguirre, N., 2002. Estudio antropológico del esqueleto mesolítico de Aizpea en. In: Barandiarán, I., Cava, A. (Eds.), Cazadores recolectores en el Pirineo Navarro. El sitio de Aizpea entre 8000 y 6000 años antes de ahora, vol. 10. Servicio Editorial. Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea, Vitoria-Gasteiz, Veleia. Anejos. Serie maior, pp. 363–429.

