



**TRABAJO DE FIN DE GRADO**

Estudio de marcadores de estrés musculo-  
esquelético en la extremidad superior de una  
población de la Zaragoza musulmana del Siglo  
**XI-XII**

*Study of musculoskeletal stress markers in the Upper  
Extremity of a population of the Muslim Zaragoza of  
Century XI-XII*

Autor

Raquel del Portillo Pastor

Director

Salvador Baena Pinilla

Facultad de Medicina, 2016-2017

Departamento de Anatomía e Histología humanas



Junio de 2017

## **AGRADECIMIENTOS**

Deseo expresar mi gratitud principalmente a mi tutor, el Dr. Salvador Baena, al profesor del departamento de anatomía de la Universidad de Zaragoza, por el gran esfuerzo que ha tenido en mi trabajo y la implicación con la que se ha involucrado. Sus sugerencias y observaciones ayudaron a mejorar mi trabajo.

A mi compañera Marta Miranda, con la que he trabajado conjuntamente compartiendo valoraciones y ayudándonos en la recogida de la muestra.

A Miriam Gracia Martínez, arqueóloga y antropóloga, que desarrolla la tesis doctoral de la necrópolis de nuestro estudio, por sus valiosas aportaciones en relación a la antropología.

Al Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses de Aragón por ofrecernos un lugar de trabajo y por último agradecer al servicio de arqueología del ayuntamiento de Zaragoza por favorecer el estudio de la muestra para este trabajo.

## INDICE

<b>1. RESUMEN</b> .....	<b>4</b>
<b>2. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>6</b>
<b>3. OBJETIVOS E HIPÓTESIS:</b> .....	<b>11</b>
<b>4. MATERIAL Y MÉTODOS</b> .....	<b>12</b>
4.1. Muestra.....	12
4.2 Material .....	13
4.2.1 Material informático.....	13
4.3 Método .....	15
4.3.1 Método fotográfico:.....	15
4.3.2 Medición antroposcópica .....	16
4.3.3 Antropometría .....	18
4.3.3.1 Antropometría con Imagen J ® .....	18
4.3.3.2 Antropometría con Adobe Photoshop®.....	18
4.4 Procesamiento digital de Imágenes Radiológicas .....	19
4.4.1 Valoración radiométrica con el Addobe Photoshop®.....	19
4.4.3 Análisis de la densidad óptica .....	20
4.5 Tabulación.....	21
4.6 Procesamiento de la imagen.....	21
4.7 Medidas antropométricas de cada marcador .....	22
<b>6. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>28</b>
<b>7. CONCLUSIONES</b> .....	<b>32</b>
<b>8. BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>33</b>
<b>9. ANEXOS</b> .....	<b>35</b>

## 1. RESUMEN

Los físicos antropólogos y los arqueólogos se han interesado en el estudio de los restos óseos humanos con el propósito de entender mejor las poblaciones antiguas. Para ello, se plantea la investigación de los marcadores óseos de estrés musculo-esquelético (MSM) de la extremidad superior. Este estudio se realiza con los restos óseos hallados en una necrópolis situada en el centro Histórico de Zaragoza en la c/ San Agustín sobre una muestra compuesta por 22 individuos, de 30-60 años, datados del siglo XI-XII. Los marcadores analizados en la extremidad superior son los ya estandarizados por otros autores. Nos centramos en ocho marcadores: cresta de la tuberosidad mayor del húmero, cresta de la tuberosidad menor del húmero, corredera bicipital, tuberosidad deltoidea tuberosidad del radio, olecranon, tuberosidad del cúbito y cresta del supinador. No valoramos variaciones discontinuas por su difícil estandarización. Los métodos que hemos empleado para este estudio son de carácter; antroposcópico, antropométrico, radiométrico y densitométrico. Nos han permitido objetivar mediante técnicas de análisis de imagen una valoración más exacta de los patrones de actividad, de la morfología ósea y de las condiciones de vida de los pobladores de la Zaragoza musulmana de los siglos XI-XII. Los perfiles morfognósticos de los puntos de interés de los marcadores se muestran mucho más subjetivos que con los realizados métricamente mediante análisis de imagen mediante el software adecuado. En los restos de la extremidad superior se muestran más robustos los restos del sexo masculino que los del sexo femenino y el hemilado derecho de la extremidad superior es más robusto respecto al hemilado izquierdo de la extremidad superior. Los MSM más llamativos se encuentran entre los 20-31 años. En general el marcador que mejor se ha correlacionado con los diferentes métodos de análisis ha sido la cresta del tubérculo mayor del húmero (TM) siendo el olecranon (OL) el que menos lo ha hecho. Los marcadores más desarrollados son los que se relacionan con la aducción y la rotación interna del hombro que podemos correlacionar con movimientos de vaivén, repetitivos, relacionados a su vez con actividades agrícolas, carga de peso entre otras.

**Palabras clave:** marcadores de estrés músculo-esquelético, extremidad superior, necrópolis, restos óseos, antroposcopia, antropometría, radiometría, densitometría, densidad óptica, análisis de imagen, Zaragoza musulmana.

## ABSTRACT

Physical Anthropologists and Archaeologists have had interests in the study of human skeletal remains with the purpose of better understanding ancient populations. Therefore, research on upper limb's musculoskeletal stress markers (MSM) is carried out. The present study relies on the human skeletal remains of the necropolis located in the historical centre of Zaragoza (C/San Agustín). The sample is made up of 22 individuals, aged 30-60, and dated on XI-XII centuries. The markers analyzed in the upper limb are those already standardized by other authors. We focus on eight markers: Crest of greater tuberosity, crest of lesser tuberosity, intertubercular bicipital groove

deltoid tuberosity, radial tuberosity, olecranon, ulnar tuberosity, supinator crest. We do not value discontinuous variations due to its difficult standardization. Through image analysis techniques based on anthroposcopic, anthropometric, radiometric and densitometric methods, we have achieved an accurate assessment of activity patterns, bone morphology and the living conditions of the Muslim inhabitants of Zaragoza during the XI-XII centuries. The morphognostic profiles of the interesting features of the markers are shown more subjectively than the ones metrically analysed by imaging with the appropriate software. The results, in general terms, have proved that the male skeletal remains were stronger than the female ones; besides, the right side of the upper limb was stronger than the left one. The most remarkable MSMs are found in the individuals from 20 to 31. The marker which has matched up best with the different analysis methods has been, in general terms the Greater tuberosity crest, the being the olecranon which has matched least. The most developed markers in relation to adduction and internal rotation of the shoulder are those that correlate with repetitive swinging movements, related in turn to agricultural activities, weight lifting, etc.

**Key words:** Musculoskeletal Stress Markers (MSM), upper limb, necropolis, skeletal remains, Anthroposcopy, Anthropometry, Radiometry, Densitometry, optical density, image analysis, Muslim Zaragoza.

## 2. INTRODUCCIÓN

Desde mediados del siglo XVI podemos encontrar en la literatura médica europea descritos los marcadores de estrés musculo-esqueléticos (MSM). Es en 1556 cuando se publica el primer trabajo sobre las enfermedades y accidentes sufridos por los mineros. En 1700, aparece el primer trabajo relacionado en el ámbito industrial. Es a finales del S. XIX cuando los anatomistas y cirujanos reconocen la relación entre profesión y cambios en el cuerpo. Hawkey & Merbs (1995)<sup>1</sup> y Kenneth (2008)<sup>2</sup> diferenciaron la terminología de los marcadores de estrés ocupacional (MOS) que incluyen la variedad de actividades que podemos relacionar con los cambios en el hueso, de los MSM. Recientemente, clasifican este término como “Cambios en las Entesis”, Cynthia (2017)<sup>3</sup>.

Los MSM se definen como los cambios producidos en la arquitectura interna y/o externa del hueso donde se insertan los tendones de los músculos, desarrollados gracias a la realización de actividades habituales u ocupacionales bajo condiciones de estrés continuado y prolongado, Hawkey & Merbs (1995)<sup>1</sup>, Niño (2005)<sup>4</sup>. En términos morfológicos, las inserciones musculares se dividen en dos tipos; fibrosos y fibrocartilaginosos, Malgosa (2013)<sup>5</sup>, Takigawa (2013)<sup>6</sup>. En el tipo fibroso, el tendón se inserta directamente en el músculo. En cambio, en el fibrocartilaginoso, se diferencian cuatro etapas de transición diferentes histológicamente por las que pasa el tendón al insertarse en el hueso. Villotte (2006)<sup>7</sup> profundiza en las entesis fibrocartilaginosas, dividiéndolas en dos zonas, y cada una de ella agrupándola con una serie de características a estudiar. La información que aportan los MSM se proyecta tanto a nivel individual como a nivel colectivo. Hay que tener en cuenta que el mayor o menor desarrollo de una entesis se vincula a una serie de parámetros; la actividad física, el sexo, la edad y las características fisiológicas de los individuos, Hawkey & Merbs (1995)<sup>1</sup>.

La edad es un factor estadísticamente significativo como han manifestado numerosos autores en sus estudios, Weiss E. (2004)<sup>8</sup> y Villotte (2010)<sup>9</sup>, en cuanto al

<sup>1</sup> Hawkey DE, Merbs CF. Activity-induced musculoskeletal stress markers (MSM) and subsistence strategy changes among ancient Hudson Bay Eskimos. *Int. J. Osteoarchaeol.* 1995; 5: 324–338.

<sup>2</sup> Kenneth AR. Climatic events and environmental adaptations relating to the Mesolithic hominids of the Gangetic Plain *Quaternary International*. 2008; 192: 14–19.

<sup>3</sup> Wilczak CA et al. *Journal of Archaeological Science*. 2017; 11: 69–79.

<sup>4</sup> Niño FP. “Metodología para el registro de marcadores de estrés músculo-esquelético”. *Boletín de Antropología* Universidad de Antioquia, Medellín. 2005; 19 (36): 255–268.

<sup>5</sup> Malgosa A, Isidro A, Ibáñez-Gimeno P, Prats-Muñoz G. Extremidad superior: cambios en las entesis, rigidez humeral y forma diafisaria. 2013; 373–3884.

<sup>6</sup> Takigawa W. Age changes of musculoskeletal stress markers and their inter-period comparisons. 2014; 122 (1): 7–22.

<sup>7</sup> Villotte, S., 2006. Connaissances médicales actuelles, cotation des enthésopathies: Nouvelle méthode. *Bull. Mém. Soc. Anthropol.* Paris 18, 65–85.

<sup>8</sup> Weiss E. Understanding muscle markers: lower limbs. *American Journal of Physical Anthropology*. 2004; 125: 232–238.

<sup>9</sup> Villotte S, Castex D, Couallier V, Dutour O, Knüsel CJ. Henry-Gambier D. Enthesopathies as occupational stress markers: evidence from the upper limb. *Am. J. Phys. Anthropol.* 2010; 42: 224–234.

desarrollo de los MSM. Sin embargo, en la mayoría no se conocía la edad a la que murieron los individuos. Estudios más recientes, Molnar (2006)<sup>10</sup> y Alves (2010)<sup>11</sup>, han llegado a la misma conclusión pero conociendo la datación de la muestra. Finalmente, estudios actuales consideran el factor económico relevante en los MSM, Takigawa (2013)<sup>6</sup>. La nutrición y la lateralidad (aparición preferente en el lado o miembro corporal dominante) también son factores que pueden modificar los MSM. Por lo tanto, analizándolos, podremos definir qué músculos se empleaban más, y con ello las actividades que podrían realizar, basándonos en la época en la que se encontraban. Compararemos ambos sexos, definiéndolos en categorías por edades, para comprobar las diferencias de los MSM.

Hawkey & Merbs (1995)<sup>1</sup> han sido pioneros en el estudio de los MSM. Clasifican estos cambios óseos en tres categorías: marcador de robusticidad, lesión por estrés y exostosis de osificación. La robustez ósea es entendida como la fortaleza, consistencia del hueso, las lesiones por estrés son las depresiones o surcos en la corteza del hueso. Se producen por microtraumas continuos y las exostosis se definen como las excrecencias óseas que resaltan en tendones o inserciones musculares. Aparecen como consecuencia de macrotraumas abruptos.

Posteriormente, muchos autores, entre ellos Villotte (2010)<sup>12</sup> y Alves (2013)<sup>13</sup> critican la simplicidad de sus interpretaciones. El principal autor, Takigawa (2013)<sup>6</sup>, que hemos seleccionado para estandarizar nuestros MSM también lo critica, por eso no hemos utilizado la referencia de Hawkey & Merbs (1995)<sup>1</sup>.

Takigawa (2013)<sup>6</sup> critica su estudio por las razones mencionadas a continuación. (i) No diferencia los músculos de los ligamentos. (ii) Los cambios mínimos son difíciles de apreciar con una observación macroscópica, en la que todos los músculos se definen por tres parámetros, deberían presentar cada uno su propia puntuación. (iii) Su método presenta un alto riesgo intra-inter observador. Cynthia (2017)<sup>3</sup> argumenta que para disminuir el sesgo inter-intra observador deberían ser múltiples observadores los que discuten los MSM y para mejorar el método macroscópico deberían buscar una terminología estándar.

<sup>10</sup> Molnar P. Tracing prehistoric activities: musculoskeletal stress marker analysis of a Stone-Age population on the Island of Gotland in the Baltic Sea. *American Journal of Physical Anthropology*. 2006; 129: 12–23.

<sup>11</sup> Alves Cardoso F, Henderson CY. Enthesopathy formation in the humerus: data from known age-at-death and known occupation skeletal collections. *Am. J. Phys. Anthropol.* 2010; 141: 550–560.

<sup>12</sup> Villotte, S., Castex, D., Couallier, V., Dutour, O., Knüsel, C.J., Henry-Gambier, D., 2010. Enthesopathies as occupational stress markers: evidence from the upper limb. *Am. J. Phys. Anthropol.* 142, 224–234.

<sup>13</sup> Alves Cardoso, F.A., Henderson, C.Y.. The categorisation of occupation in ident skeletal collections: a source of bias? *Int. J. Osteoarchaeol.* 23, 2013, 186–196.

La revisión de Takigawa (2013)<sup>6</sup> estudia tanto los marcadores de la extremidad superior como los de la extremidad inferior. Mi estudio se centra en los MSM de la extremidad superior, que son los siguientes:

- Húmero: Cresta del tubérculo mayor (TM), Cresta del Tubérculo menor (Tm) (según otras nomias; troquiter y tronquín) y Tuberosidad del Deltoides (TD).
- Radio: Tuberosidad del Radio (TR)
- Cúbito: Tuberosidad del Cúbito (TC), Olecranon (OL), Cresta del Supinador (CS). Ampliando nuestro estudio, hemos añadido la Tuberosidad Lateral del Radio (TLR) y la Corredera Bicipital (CB).

A continuación expongo los principales músculos que están relacionados anatómicamente con los MSM estudiados, Prometheus (2009)<sup>14</sup>, Estévez (2002)<sup>15</sup>.

### 1. Cresta del tubérculo mayor del húmero:

Músculo diana en este marcador: Pectoral mayor (Figura 1).

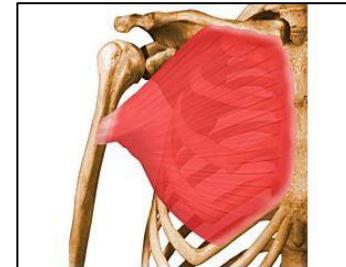


Figura 1

- Inserción: cresta del tubérculo mayor del húmero.
- Origen:
  - Mitad medial de la clavícula.
  - Esternón y cartílagos costales 2<sup>a</sup>-7<sup>a</sup> costillas.
  - Lámina anterior de la vaina del recto.
- Función:
  - Aducción y rotación interna (todo el músculo).
  - Anteversión: (porción clavicular y la porción esternoclavicular).

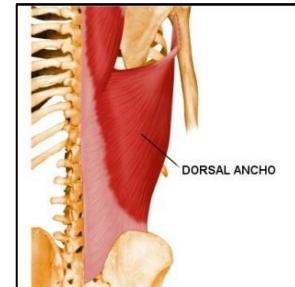


Figura 2

### 2. Cresta del tubérculo menor del húmero:

Músculos diana en este marcador: Dorsal ancho y el redondo mayor.

#### Dorsal ancho (Figura 2):

- Inserción: Cresta del tubérculo menor del húmero.
- Origen:
  - Apófisis espinosas de las vértebras torácicas 7<sup>a</sup>-12<sup>a</sup>.
  - Tercio posterior cresta iliaca.



Figura 3

<sup>14</sup> Schünke M, Schulte E, Schumacher U, Rude J, Voll M, Wesker K. Prometheus. 2st ed. Buenos Aires: Médica Panamericana; 2009

<sup>15</sup> Estévez González MC. Marcadores de estrés y actividad en la población guanche de Tenerife. 2002

- 9-12 costillas.
  - Ángulo inferior de la escápula.
- Función: Rotación interna, aducción, retroversión, músculo auxiliar de la respiración.

#### Redondo mayor (Figura 3):

- Inserción: Tubérculo menor del húmero.
- Origen:
  - Ángulo inferior de la escápula.
- Función:
  - Rotación interna.
  - Aducción.
  - Retroversión.



Figura 4

#### **4. Tuberrosidad deltoidea:** Músculos diana en este marcador: Deltoides (Figura 4):

- Inserción: Tuberrosidad deltoidea del húmero.
- Origen y función:
  - Tercio lateral de la clavícula: anteversión, rotación interna y aducción.
  - Acromion: abducción.
  - Espina de la escápula: retroversión, rotación externa, aducción.

#### **5. Tuberrosidad del radio:**

Músculo diana en este marcador: Bíceps braquial (Figura 5):

- Inserción: tuberosidad del radio.
- Origen:
  - Cabeza larga
    - Tubérculo supraglenoideo de la escápula.
  - Cabeza corta:
    - Apófisis coracoides de la escápula.
- Función:
  - Articulación del hombro:
    - Abducción y rotación interna (cabeza larga)
    - Anteversión (cabeza corta y larga).
  - Art. Codo
    - Flexión y supinación (con el codo flexionado).

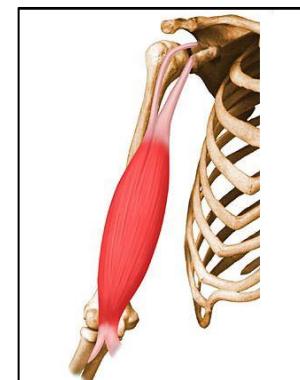


Figura 5

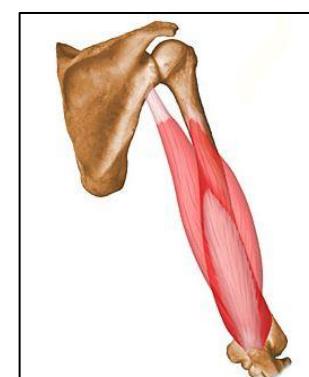


Figura 6

## 6. Olecranon

Músculo diana en este marcador: Tríceps braquial (Figura 6):

- Inserción: olecranon del cúbito.
- Origen:
  - o Cabeza larga: tubérculo infraglenoideo de la escápula.
  - o Cabeza medial: superficie posterior del húmero, distal al surco para el nervio radial.
  - o Cabeza lateral: superficie posterior del húmero, proximal al surco para el nervio radial.
- Función:
  - o Articulación del codo: extensión.
  - o Articulación del hombro: Cabeza larga: retroversión y aducción del brazo.

## 7. Cresta del supinador

Músculo diana en este marcador: Supinador corto (Figura 7):

- Inserción: cresta del supinador del cúbito.
- Origen:
  - o Olecranon del cúbito.
  - o Epicóndilo lateral.
  - o Ligamento colateral radial.
  - o Ligamento anular del radio.
- Función: Articulación del antebrazo: supinación.

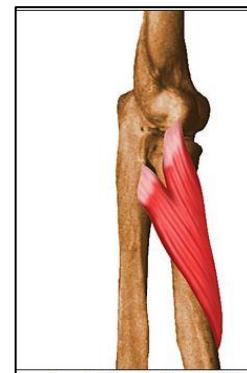


Figura 7

## 8. Tuberosidad del cúbito

Músculo diana en este marcador: Braquial (Figura 8):

- Inserción: tuberosidad del cúbito.
- Origen:
  - o Mitad distal de la superficie anterior del húmero.
  - o Tabiques intermusculares medial y lateral.
- Función: flexión de la articulación del codo.

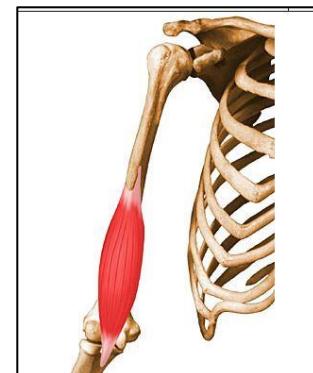


Figura 8

Una vez seleccionados los MSM de la extremidad superior que voy a estudiar, tenemos que aportar una rigurosa valoración metodológica siguiendo los presupuestos de Takigawa (2013)<sup>6</sup> y ampliándolos con valoraciones antropométricas, radiométricas y densitométricas mediante técnicas de análisis de imagen. Esta aportación metodológica

no descrita por los distintos autores puede ser una herramienta útil y debería estandarizarse.

**Las Técnicas de análisis/ proceso<sup>16</sup>** de imagen pueden definirse como el conjunto de procedimientos de índole manipulativo o mensurativo que se aplican sobre una imagen con una finalidad científica. Existen en técnicas de proceso destinadas a modificar alguna de las características de la imagen con diferente finalidad, que pueden ser desde la mejora hasta de su calidad hasta el realce de detalles poco visibles o la detección de elementos ocultos al ojo humano. Estas técnicas de proceso son el filtrado, la detección de bordes, la sustracción de fondos, la reconstrucción 2 d y 3 d, la interacción de pixeles, la manipulación matemática de pixeles la segmentación y otros. Las otras técnicas son las de análisis que son operaciones de índole mensurativo efectuadas sobre una imagen y de cuyos resultados pretendemos obtener información acerca de algunas características del objeto u objetos a que corresponde dicha imagen. Podemos así medir perímetro, longitud, área, densidad, ángulos, etc. Estas técnicas son la morfometría, la densitometría, el conteo, la colorimetría, etc. Todas estas técnicas abren un importante campo en la anatomía, antropología forense y patología forense entre otras ciencias. Por último recordar que los programas o software de análisis de imagen eran costosos y actualmente son mucho más asequibles y hay muchos freeware como es el utilizado en este trabajo ImageJ®.

### **3. OBJETIVOS E HIPÓTESIS:**

- Estudiar los restos óseos de una población islámica de Zaragoza.
- Aplicar los métodos estandarizados por otros autores e incorporar otros nuevos mediante técnicas de análisis y proceso de la imagen consistentes en antropometría y densitometría por niveles de grises.
- Valorar con los hallazgos los patrones de actividad de la extremidad superior de la Zaragoza musulmana del siglo XI-XII.

---

<sup>16</sup> Baena, S. La densitometría en la datación de restos óseos: su interés médico forense. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza. 2001.

## 4. MATERIAL Y MÉTODOS

### 4.1. Muestra

En 2008 se excavó un solar en el Centro Histórico de Zaragoza en la c/ San Agustín 25, al este de la ciudad, donde se encontraba uno de los cementerios islámicos. Zaragoza era una ciudad muy importante en la época musulmana, por estar situada en la ribera del río Ebro. Zaragoza, en la época musulmana contaba con otro cementerio situado en la parte oeste de la ciudad. Estos solían situarse a la salida de las ciudades y recibían los nombres de la puerta junto a la que estaban ubicados. En la necrópolis está estudiado que se encontraron 172 tumbas. De las cuales, el patrimonio de la DGA a través del servicio de arqueología nos facilitó 40 cajas de restos correspondientes a 140 esqueletos. En cada caja había de 1 hasta 6 esqueletos. Los restos en la necrópolis se inhumaban en decúbito lateral mirando a la meca<sup>17</sup>.

Esta fase del trabajo de búsqueda de documentación y selección de muestra, se desarrolla en enero con los criterios de inclusión y exclusión así como el protocolo a seguir. Durante los meses de febrero y marzo se prorroga la póliza del seguro para desarrollar la valoración de los marcadores motivo de estudio en el presente trabajo en las instalaciones del IMLCFA.

Del total de la muestra mencionada se utiliza los criterios de inclusión que se especifican a continuación:

Nuestra muestra debe de cumplir una serie de condiciones tal como especifican Hawkey & Merbs (1995)<sup>1</sup>, Kennedy (1989)<sup>18</sup>, Niño (2005)<sup>4</sup> y Malgosa (2013)<sup>5</sup> en sus trabajos. (i) La muestra debe pertenecer a un tiempo relativamente corto, nuestra necrópolis pertenece a los siglos XI-XII. (ii) Aislamiento genético y cultural de difícil comprobación antropológica aunque arqueológicamente es conocido que todos son procedentes de la Zaragoza musulmana (iii). Debe de poseer un número limitado pero conocido de actividades especializadas, es decir, debemos de disponer de datos arqueológicos y documentos históricos. (iv) Se debe conocer el sexo y la edad de cada hueso a estudio, en este trabajo han sido realizados mediante criterios antropológicos, antroposcópicos y antropométricos por la arqueóloga que desarrolla la tesis doctoral.

En cuanto a los criterios de exclusión, mencionamos a continuación, los empleados para descartar de nuestra muestra: (i) los subadultos (menores de 18 años) ya que la edad es un factor que influye en la aparición de marcadores de actividad. Los marcadores sólo empiezan a acumularse cuando el hueso ha terminado de crecer, Niño (2005)<sup>4</sup>. (ii) Los huesos que estaban muy fragmentados, por la poca información que nos ofrecían. Los huesos deben encontrarse en un buen estado de preservación. (iii) Las enfermedades que comprometan la morfología o arquitectura de los accidentes

<sup>17</sup> [Internet]. 2017 [cited 12 May 2017]. Available from: 33. <https://issuu.com/cdlaragon/docs/sesion3>.

<sup>18</sup> Kennedy KAR. Skeletal markers of occupational stress. Reconstruction of life from the skeleton. 1989; 129-160.

anatómicos que tenemos que valorar como marcadores. El objeto de estudio son las entesopatias mecánicas, y no deben de ser confundidos con otros tipos de manifestaciones patológicas como la artrosis que a veces también se relaciona con alguna actividad ocupacional, Merbs (2009)<sup>19</sup>.

Para la determinación morfológica y morfognóstica del sexo se aplicó el método de Buikstra & Ubelaker (1994), mediante la visualización de la morfología del cráneo, examinando la cresta nucal, la mastoides, el borde supraorbital y la prominencia del mentón. El dimorfismo sexual se diagnostica en el coxal aplicando el método Hermann (1990) en el que se estudia la morfología del innominado, la triada de Phenice (1969) y el método de Buikstra & Ubelaker (1994) en el cual se estudia la expresión del surco preauricular y la escotadura ciática<sup>20, 21</sup>

Para la determinación de la edad se ha utilizado el método de Iscan & Loth (1984a y 1984b) y Brooks and Suchey (1990) mediante la observación de la metamorfosis de la unión costoesternal de la 4<sup>a</sup> costilla derecha. Finalmente con la medición de los huesos largos se puede analizar la talla de nuestros individuos<sup>16, 19</sup>.

Excavación c/ San Agustín 25 (Zaragoza)  
varias tumbas descubiertas<sup>8</sup>, *Figura 9*



## 4.2 Material

**4.2.1 Material informático:** el hardware personal empleado ha sido un ordenador portátil (Lenovo ® G50 (2014).

**Adobe Photoshop®** versión 2017.0.0, marca registrada. Es un editor de gráficos desarrollado por Adobe Systems Incorporated. Usado principalmente para el retoque de fotografías y gráficos.

**Excel®** 2007, marca registrada. Microsoft Excel® es una aplicación de hojas de cálculo que forma parte de la oficina de Microsoft Office®. Es una aplicación utilizada en tareas financieras y contables, con fórmulas, gráficos y un lenguaje de programación.

<sup>19</sup> Merbs, Ph D. Musculoskeletal stress markers. Limitations and achievements in the reconstruction of past activity patterns. 3 July, 2009

<sup>20</sup> Krenzer U. Compendio de métodos antropológico forenses para la reconstrucción del perfil osteo-biológico. 1st ed. Guatemala: CAFCA, Centro de Análisis Forense y Ciencias Aplicadas; 2006.

**Image J®** freeware (<http://imagen.nih.gov/ij>). Es un programa informático de procesamiento y análisis de imágenes basado en Java. Permite, previo calibrado de la imagen con una medición conocida, la toma de medidas y ángulos en fotografías. Es un programa de procesamiento de imagen digital de dominio público programado en Java desarrollado en el National Institutes of Health. Este programa lo empleó también Malgosa (2013)<sup>5</sup> para el estudio de los MSM.

#### **4.2.2 Material físico**

**Canon® EOS 550D** con objetivo EF-S 18-55mm f/3,5-5,6 con una distancia mínima de enfoque de 25cm. Cámara digital de alto rendimiento, que incorpora un sensor de elevada resolución con 18,0 megapíxeles efectivos, alta precisión y alta velocidad, disparos en serie a aproximadamente 3,7 fps. Al realizar una fotografía, en la cámara se guardan dos formatos de imagen diferentes; RAW (siguiendo el término anglosajón entiéndase como “crudo o bruto”, contiene la totalidad de los datos tal y como ha sido captado por el sensor digital de la cámara). La extensión de estos archivos dependerá del fabricante de la cámara) y JPG (*Joint Photographic Experts Group*) (Figura 10).

**Estativo fotográfico (marca SUSIS)** permite el soporte, deslizamiento y desplazamiento vertical y horizontal adecuado de la cámara (Figura 11).



Figura 10



Figura 11



Figura 12

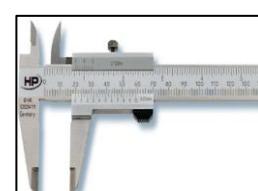


Figura 13

**Estación radiológica telemandada** del IMLCFA mediante captura de las imágenes radiológicas con Software Epiphan® mediante conexión RGB: características del disparo radioscópico previo a la captura (80KV, 80 miliamperios, 100 milisegundos) (Figura 12).

**Calibre:** útil para la medición antropométrica (Figura 13).

**Testigo densitométrico** (clavo metálico) (3 cm de longitud): útil para la medición y densidad de las imágenes realizadas con la estación radiológica telemandada (Figura 14).

**Testigo métrico** (30 X 15 cm). Nos sirve de referencia, tanto testigo métrico como de área (Figura 15).

**Nivel de burbuja doble:** lo hemos empleado para determinar la horizontalidad de la cámara de manera que el plano del objetivo sea paralelo al objeto fotografiado (Figura 16).



Figura 14



Figura 15



Figura 16

## 4.3 Método

### 4.3.1 Método fotográfico:

La técnica de macrofotografía exige un cuidadoso método con la cámara anclada en un estativo, con la lente situada en un plano paralelo y perpendicular al hueso y su marcador seleccionado. Con la finalidad de poder realizar segmentación de fondos en el procesamiento digital de la imagen se coloca el hueso sobre un fondo verde, encuadrado por el testigo métrico tanto en ordenadas como en abscisas que nos permita evitar la magnificación y la aberración esférica además de permitir en todo momento calibrar la imagen digital correspondiente.

Con ayuda del nivel de doble burbuja, mencionado en los materiales, el hueso y el testigo métrico deben de colocarse paralelos en un eje perpendicular. Para ello nos ayudamos de una sustancia elástica y plástica de uso comercial y doméstico (plastilina).

Para evitar los posibles sesgos de equivocación en la identificación de los huesos, cada fotografía la referenciamos con su caja, tumba y hemilado correspondiente. Ajustamos la cámara para realizar todas las fotografías en primeros planos, sin flash.

Una vez ajustado todo, procedemos al fotografiado, asegurándonos que la imagen esté enfocada. Para ello, nos ayudamos del señalizador digital de la cámara (punto central AF). Debe de estar situado justo en nuestro marcador.

Elegimos los mejores planos para poder medir en detalle cada marcador. Realizamos una fotografía del hueso completo, una visión panorámica, además de sus caras ventral, dorsal, medial y lateral.

Esta cámara ofrece en un mismo disparo, con la misma luz y exposición dos formatos de imagen diferentes; RAW y JPG. RAW es un formato de imagen sin comprimir. Disponemos de un mayor control sobre el aspecto de la imagen, almacena toda la información recogida por el sensor de la cámara, permite mostrar sombras y claros con un contraste menor, siendo menos nítido. Como inconvenientes, es necesario disponer de un software adicional para poder ver su contenido, el espacio que ocupa es superior y ralentiza mucho los programas. En un primer momento nuestro objetivo era utilizar este tipo de formato, para ello buscamos un Adobe Photoshop® que nos lo permitiese. Con la versión que empleamos, sí que se podía utilizar pero finalmente por

los inconvenientes descritos decidimos emplear el formato JPG. El archivo JPG es un formato, comprimido, estándar, interpretable por cualquier software fotográfico, con el que se trabaja más rápido, ocupa menos espacio y el procesamiento de la imagen es más sencillo.

#### **4.3.2 Medición antroposcópica**

Los datos obtenidos por medio de la medición antroposcópica son cualitativos o categóricos ordinales. Inicialmente quisimos llevar a cabo la medición con un calibre métrico, por su dificultad de empleo, el tiempo del que disponíamos y los posibles riesgos de equivocación, lo descartamos. Se realizó una valoración osteoscópica por medio de la visualización, inspección y palpación del marcador sobre el resto óseo.

Para poder seguir un protocolo adecuado en la selección y valoración de los MSM, el primer artículo que debemos tener en cuenta es el trabajo de Takigawa (2013)<sup>6</sup>. A continuación expongo la Tabla 1 que hace referencia a este estudio, en la cual divide cada marcador en 4 fases diferentes para facilitar la posterior categorización de los MSM.

- Húmero: Cresta del tubérculo mayor (TM) y menor (Tm), tuberosidad del deltoides (TD).
- Radio: tuberosidad del radio (TR).
- Cúbito: tuberosidad del cúbito (TC), olecranon (OL), cresta del supinador (CS).

Junio de 2017

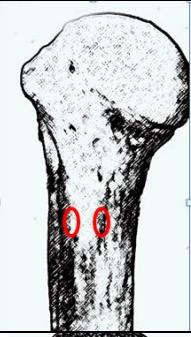
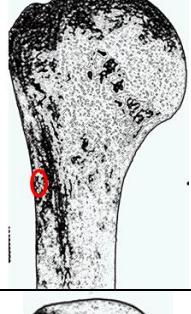
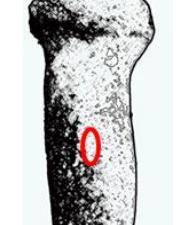
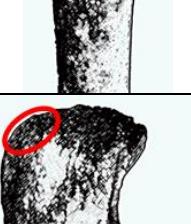
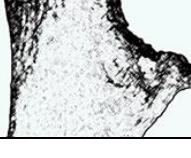
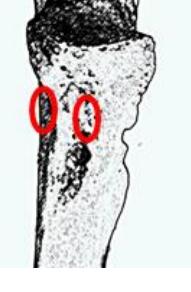
MSM	FASE 0	FASE 1	FASE 2	FASE 3	
TM	Cresta normal sin depresión	Depresión por debajo de 3 mm en relación a la cresta inferior	Depresión 3-5mm	Depresión mayor de 5 mm	
Tm	Cresta normal sin depresión	Depresión por debajo de 3 mm en relación a la cresta inferior	Depresión 3-5mm	Depresión mayor de 5 mm	
TD	Tuberrosidad poco clara y la línea lateral casi recta	Ligeramente desarrollada la tuberosidad pero el contorno está apenas curvado	Tuberrosidad desarrollada y contorno lateral está ligeramente curvado	Tuberrosidad bien desarrollada y contorno lateral está claramente cuadrado	
TR	Tuberrosidad no es prominente, contorno es plano	Tuberrosidad está ligeramente desarrollada y forma parte del contorno medial de la diáfisis	Tuberrosidad es prominente, superficie se inclina medialmente	Toda la tuberosidad es prominente, inclinada medialmente, entesopatía está algo formada	
OL	Borde superior del olecranon es suave y sin protuberancia	Tendón adjunto al olecranon está suavemente desarrollado, inferior 3 mm en altura	Tendón adjunto al olecranon está suavemente desarrollado, 3 - 5 mm altura	Tendón adjunto al olecranon está suavemente desarrollado, mayor a 5 mm en altura	
CS	Indistinción de la cresta inferior de la muesca radial y la superficie lateral es plana	Cresta inferior lisa respecto a la muesca radial, la superficie lateral sigue plana	Clara cresta inferior respecto a la muesca radial, y proyecta ligeramente lateralmente	La cresta proyecta más lateralmente que el entorno de la muesca radial	
TC	Nivel inferior del proceso coronoide es plano, tuberosidad apenas prominente	Tuberrosidad es ligeramente prominente, inferior de 3mm en altura	Tuberrosidad está claramente desarrollada, con forma irregular prominente de 3-5 mm	Toda la tuberosidad está desarrollada y forma alguna entesopatía	

Tabla 1

#### **4.3.3 Antropometría**

##### **4.3.3.1 Antropometría con Imagen J®**

Con el objetivo de reforzar el método antroposcópico y obtener unos datos más objetivos, hemos empleado una valoración antropométrica con ayuda del ImagenJ®, obteniendo unos valores cuantitativos continuos, siguiendo la referencia de Takigawa (2013)<sup>6</sup>. Para calibrar una imagen hay que traducir los píxeles a distancias métricas conocidas, para ello introducimos el testigo correspondiente.

Los pasos que hemos empleado para su utilización son los siguientes:

- Seleccionando “File”, “Open”, abrimos la imagen que queremos analizar
- Una vez abierta la imagen seleccionamos “Analyze”, “Calibrate”.
- Utilizando la “Herramienta Straight” señalamos en la imagen 10 mm del testigo métrico.
- Una vez que ya tenemos la medida de referencia, seleccionamos “Analyze”, “Set Scale”. En “Known distance” marcamos 10 y en “Unit of length” escribimos mm.
- Seleccionamos de nuevo la herramienta “Straight” y señalamos lo que queremos medir de nuestro hueso.
- En “Analyze”, “Measure” obtenemos en una tabla con las medidas realizadas.
- Dentro de esa tabla, “Save as”, guardamos los datos.

Las medidas obtenidas se tabulan en hojas de cálculo mediante exportación desde ImageJ® a Excel®.

##### **4.3.3.2 Antropometría con Adobe Photoshop®.**

El procedimiento a seguir en este programa:

- Seleccionamos el modo “Vista”, “Reglas”, apareciendo la regla tanto en coordenadas como en abscisas. Con ayuda de la “Herramienta mover” podemos obtener líneas rectas verticales y horizontales respectivamente, clicando sobre el margen milimetrado.
- Cuando ya tenemos la foto abierta con la regla, seleccionamos la casilla de “Herramienta cuentagotas”. Se despliega la opción de “Herramienta regla”. Nos aparecerá una recta con la que medimos sobre el testigo métrico, 10mm.
- Para medir mejor nuestro marcador ecualizamos nuestra imagen. Seleccionamos “Imagen”, se despliega la opción “Ajustes”, y de esta se despliega “Niveles”. Nos aparece un cuadro en el que aparecen las siglas RGB (Red, Green, Blue). Para poder visualizar mejor el hueso, ajustamos los tres niveles, encuadrando los triángulos con los niveles de entrada.
- Con la imagen ya ecualizada, seleccionamos de nuevo la “Herramienta regla” medimos nuestro marcador (D1) (aparece en el margen superior de la imagen).
- Hacemos una conversión a escala mediante el sistema de la regla de tres para obtener la medida real del marcador.

Las medidas obtenidas se tabulan en hojas de cálculo mediante exportación desde Adobe Photoshop® a Excel®.

#### **4.4 Procesamiento digital de Imágenes Radiológicas**

Hemos introducido en nuestro método una nueva valoración de los MSM mediante radiometría y densitometría.

Para ello, seleccionamos de cada marcador cuatro piezas que representaran sus cuatro fases valoradas por antroposcopia. Para evitar los posibles sesgos de equivocación en la identificación de las radiografías, cada una de ellas la referenciamos con su caja, tumba. Empleamos como testigo métrico, un material metálico, con suficiente densidad radiopaca para las radiografías. Además de tener una dimensión conocida, empleamos la escritura romana por su sencilla escritura.

Para poder visualizar el MSM empleamos la siguiente colocación de los restos óseos:

- TM: visión medial en rotación.
- Tm: visión posterior en rotación.
- TD: visión anterior en leve rotación externa.
- TR: visión anterior.
- OL: visión lateral.
- CS: visión posterior.

##### **4.4.1 Valoración radiométrica con el Adobe Photoshop®.**

Los pasos que llevamos a cabo:

- Abrimos la imagen en Adobe® y ampliamos hasta ver bien el marcador a estudio.
- Seleccionamos el modo “Vista”, “Reglas”, apareciendo la regla tanto en coordenadas como en abscisas. Con ayuda de la “Herramienta mover” podemos obtener líneas rectas verticales y horizontales respectivamente, clicando sobre el margen milimitrado.
- Ecualizamos la imagen; “Ajuste”, “Niveles”, y en RGB modificamos la imagen para resaltar el marcador.
- Seleccionamos la “Herramienta Regla” y medimos nuestro marcador que nos da x (medida que aparece en la parte superior D1).
- Para calibrar la imagen, repetimos la misma acción sobre nuestro testigo métrico. Sabemos que el clavo mide 3cm en la realidad.

Nuestra hipótesis considera que el marcador de estrés óseo valorado debe tener mayor radioopacidad conforme mayor grado en las fases descritas antropológicamente por Takigawa (2013)<sup>6</sup>.

En la Tabla 2 tenemos referenciada el número de la caja con su tumba (caja.tumba), el hemilado (D: derecho, I: izquierdo) de los huesos que seleccionamos para la valoración radiométrica. En la Tabla 3, para la densitometría.

#### 4.4.2 Valoración densitométrica con el Adobe Photoshop ®.

Tabla 2

Los pasos que llevamos a cabo:

- Abrimos la imagen. Aunque veamos que la imagen está en blanco y negro, la imagen está ecualizada en el modo RGB. Tenemos que pasarl a escala de grises. Para ello, seleccionamos “Imagen”, “Modo”, “Escala de grises”.
- Ecualizamos la imagen; “Ajuste”, “Niveles”, y en “Canal gris” modificamos la imagen para resaltar más el marcador.
- Nuestro testigo-densitométrico es el clavo. Tiene una máxima densidad de negro. Seleccionamos “Herramienta muestra de color”, ampliamos el clavo al máximo y clicamos sobre él. Nos aparece en una ventana el porcentaje de su densidad.
- Lo repetimos, pero esta vez clicando sobre el marcador del hueso. De nuevo, aparece en la ventana la densidad del marcador.

MSM	RADIOMETRÍA			
TM	2.16 D	10.2 D	11.3 D	22.38 D
Tm	5.125 D	10.2 D	2.16 D	22.38D
OL		3.24 I	2.16 I	21.42 D
CS	10.2 D	10.2 I	8.70 I	21.42 D

DENSITOMETRÍA				
TM	2.16 D	10.2 D	11.3 D	22.38 D
Tm	5.125D	10.2 D	2.16 D	22.38 D
TD	35.86D	6.168 D	8.70 D	21.42 D
TR	3.24 D	10.2 I	8.70 D	21.42 I
OL		3.24 I	2.16 I	21.42 D
CS	10.2 D	10.2 I	8.70 I	21.42 D
TC	7.17 D	11.3 D	8.70 I	21.42D

Tabla 3

Hacer esto con cada radiografía, comparando cada una con su densidad metal ya que todas no están igualmente expuestas a pesar de que las características de la exposición del aparato fueron las mismas para todos los disparos.

#### 4.4.3 Análisis de la densidad óptica

La densidad óptica es una magnitud física que mide la absorción de un elemento óptico por unidad de distancia, para una longitud de onda dada. En una radiografía es equivalente al grado de oscurecimiento, a mayor oscurecimiento mayor densidad. En una imagen en modo niveles de gris existen 256 niveles de gris siendo los mayores grados de este grado el 0 y el 255 correspondiente al blanco y al negro. Si consideramos que en una radiografía el aire es negro y el hueso es blanco o en los negativos con imágenes invertidas el aire es blanco y el hueso es negro. En nuestro caso para determinar la medida de densidad óptica determinaremos los parámetros de 0 a 1, siendo 0 la menor densidad óptica y 1 la mayor densidad óptica. De este modo en la valoración de los marcadores de estrés nuestra hipótesis se orienta a que los lugares

anatómicos de dichos marcadores son más densos radiológicamente según su grado o fase.

Para medir la densidad óptica hemos empleado tanto el Adobe Photoshop® como el Imagen J®, el procedimiento es el siguiente:

- Abrimos la radiografía con el Adobe Photoshop®.
- Seleccionamos “Imagen”, “Modo”, “Escala de grises”.
- Marcamos “Imagen”, “Ajustes”, “Invertir”.
- Guardamos la fotografía en el archivo TIFF (*Tagged Image File Format*). Es un formato de archivo informático para almacenar imágenes de mapa de bits. Es prevalente en la industria gráfica y en la fotografía profesional por su versatilidad y compresión no destructiva, además tiene una gran ventaja ajusta mucho el rango tonal.
- Abrimos la fotografía con el Imagen J®.
- En la herramienta “*Set measurements*” señalamos “*Integrated density*”.
- Posteriormente calibraremos la imagen con la herramienta “*Calebrate*” y ajustamos la imagen según la ecuación lineal con los siguientes datos 255 es un 1, 127,5 es 0,5 y 0 es 0. Esta calibración y elección de ecuación de regresión lineal se resume en la Figura16.
- Por último, señalamos en la imagen con la herramienta “*Point*” y medimos con la herramienta “*Measure*” las medidas en el testigo y en el marcador.
- Posteriormente tabulamos los datos obtenidos ajustando por el factor testigo mediante regla de tres la densidad óptica en el MSM elegido.

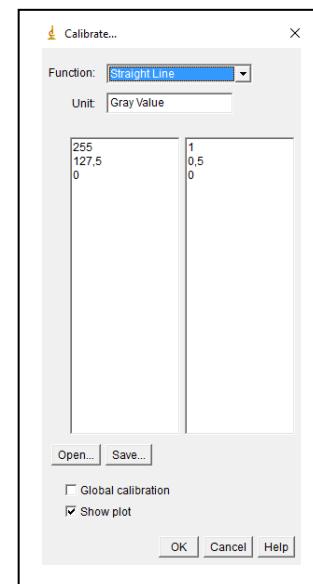


Figura 16

#### **4.5. Tabulación**

Los datos obtenidos mediante antroposcopia, antropometría, densitometría, radiometría y por densidad óptica los hemos tabulado en Excel®. Diseñamos una tabla en la que aparecieran la referencia de la caja y tumba (ej. 2.16 (caja. tumba), el sexo; M (mujer), H (hombre), el inventario; 1 (hueso completo presente), 2 (hueso fragmentado), 3 (ausencia de hueso), el peso de los huesos y la edad. A este último dato le asignamos unos rangos; 20-30, 31-40, 41-50 y 51-60. Categorizamos la edad por rangos ya que la datación de la edad no siempre es un valor exacto y con la finalidad de comparar los datos de una manera más sencilla. El peso fue un dato que tomamos ya que nos podría aportar información en relación a la robustez de los huesos y para poder comparar ambos hemilados. Una gran limitación de este dato obtenido es la fragmentación de los huesos.

#### **4.6 Procesamiento de la imagen**

Empleamos el Adobe Photoshop® para tratar las imágenes. El procedimiento que seguimos es el siguiente:

- Presionando “Imagen” se despliega la opción de “Contraste automático”.
- Posteriormente recortamos y rotamos la imagen. Para rotar la imagen también presionamos “Imagen”, desplegándose “Rotación de imagen”. Para recortarla seleccionamos “Herramienta marco rectangular”. Encuadramos lo que queramos recortar y marcamos “Herramienta recortar”.
- Si deseamos conservar la etiqueta de la caja y la tumba, volvemos a seleccionar la “Herramienta marco rectangular”. Presionamos el botón izquierdo y seleccionamos la opción de “Trasformación libre”. Ahora ya podemos reducirla de tamaño, desplazarla y rotarla.
- Para colorear el fondo de negro, tenemos diferentes herramientas que vamos utilizando en función de la imagen. Nos pueden ser útiles:
  - La “Herramienta varita mágica”. Vamos seleccionando en la imagen las zonas que queremos colorear (variando la tolerancia “Toler” para captar zonas de mayor o menor amplitud).
  - En “Muestras” seleccionamos el color negro. Y con la “Herramienta bote de pintura” coloreamos el fondo.
  - La “Herramienta pincel” también nos puede ayudar, variando su dureza y su tamaño.
  - Para las zonas más complejas, especialmente alrededor del hueso se puede utilizar la herramienta “Lazo poligonal”, nos va seleccionando el hueso y posteriormente con el “Bote de pintura” lo llenamos de negro.
- Cuando ya tenemos la imagen tratada con el fondo negro, seleccionamos “Capa” y se despliega la opción “Duplicar capa”. Aparece una pestaña en la cual puedes asignarle el nombre que deseas a la nueva capa, y marcas la opción “Ok”. Debes marcar el símbolo del ojo que aparece a la izquierda de las capas con las que no deseas trabajar, quedando de esta manera la capa bloqueada. El símbolo del ojo desaparece cuando lo seleccionas.
- Para guardar todas las capas; “Archivos”, “Exportar”, “Capas a archivos”.

Figura 17

#### 4.7 Medidas antropométricas de cada marcador

1. Cresta del tubérculo superior del húmero
2. Cresta del tubérculo inferior del húmero
3. Corredera bicipital del húmero



Estos tres MSM los hemos analizado en la misma imagen (Figura 17). El húmero está fotografiado desde una visión superior. De todas las posibilidades pensamos que era el mejor plano para ver la profundidad de ambas crestas y la corredera bicipital. Una de las desventajas de esta fotografía era que solo disponíamos de 9 imágenes, ya que la corredera bicipital en la mayoría de los individuos se encontraba fragmentada. Pero a pesar de ello, obtenemos 27 datos, suficientes para establecer una valoración.

Hemos añadido al método que seguimos, Takigawa (2013)<sup>6</sup>, la corredera bicipital, nos puede aportar información sobre la profundidad de ambas crestas. Las crestas las hemos medido de una forma distinta a la que ellos proponen.

#### 4. Tuberrosidad deltoidea (Figura 18)

Este marcador, al igual que Takigawa (2013)<sup>6</sup>, no lo analizamos antropométricamente, debido su complejidad.



Figura 18



Figura 19



Figura 20

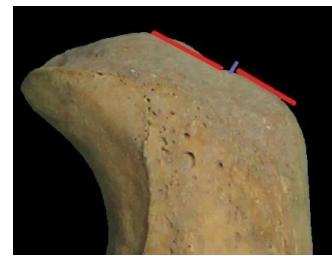


Figura 21

#### 5. Tuberrosidad del radio (Figura 19)

#### 6. Tuberrosidad lateral del radio (Figura 20)

La tuberosidad del radio, al igual que Takigawa (2013)<sup>6</sup> únicamente la hemos dividido en las diferentes fases según el método antroposcópico, ya que su medición nos resultaba muy compleja. Sin embargo, hemos decidido añadir un nuevo marcador, la tuberosidad lateral del radio. Nos puede aportar una información más objetiva.

#### 7. Olecranon (Figura 21)

Este marcador, al igual que el modelo que seguimos, hemos medido la diferencia de altura que se puede apreciar en el olecranon del cúbito.

#### 8. Cresta del supinador del cúbito

Este marcador lo hemos analizado de diferentes maneras, como se representan en las Figuras 22 y 23. Takigawa (2013)<sup>6</sup> valora este MSM de manera antroposcópica, nosotros además lo valoramos antropométricamente. Creemos que su medición es sencilla y nos puede aportar información.

### 9. Tuberrosidad del cúbito (Figura 24)

A pesar de que Takigawa (2013)<sup>6</sup> lo haya analizado antropométricamente, pensamos que no es una manera precisa ni sencilla. Por ello, únicamente hacemos una valoración mediante la observación y palpación.<sup>4</sup>

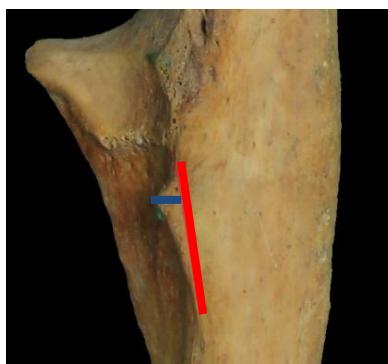


Figura 22



Figura 23



Figura 24

## 5. RESULTADOS

### 5.1 Análisis descriptivo

Rangos edad	20-30				31-40		41-50		51-60		Total
Sexo	F		M		M		M		M		
Hemilado	D	I	D	I	D	I	D	I	D	I	
Húmero peso	91,1		124	87,2		51,7			120,1		93,5
Cúbito peso gr	32,5	29,7	32,3	49				54	42,4	38,2	36,6
Radio peso gr	28,4	26,9	41	34,7	31,4	32,2	42,4		32,45	29,1	33,4

Tabla 4

Con ayuda del Excel®, empleando las tablas dinámicas y el análisis de datos hemos realizado el análisis descriptivo de nuestra muestra.

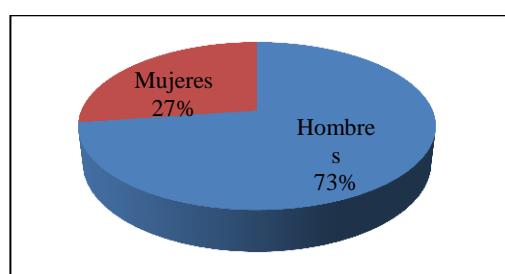


Figura 25

Junio de 2017

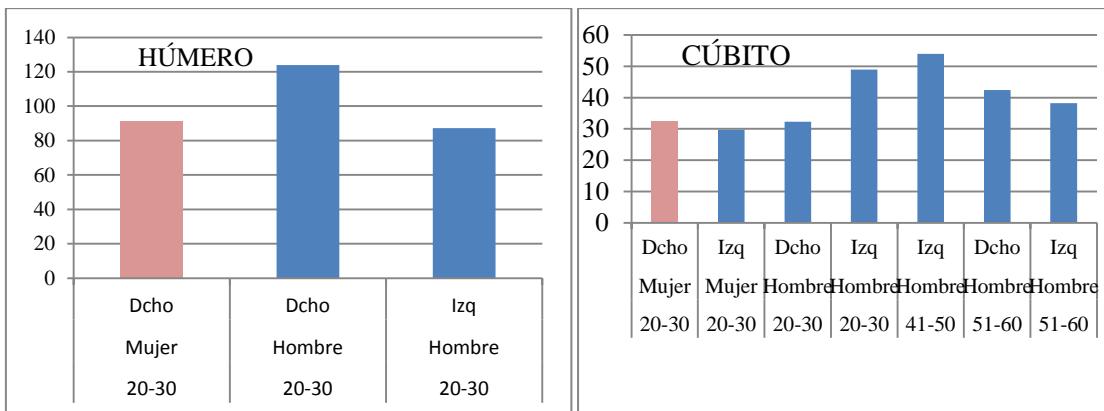


Gráfico 1

Gráfico 2

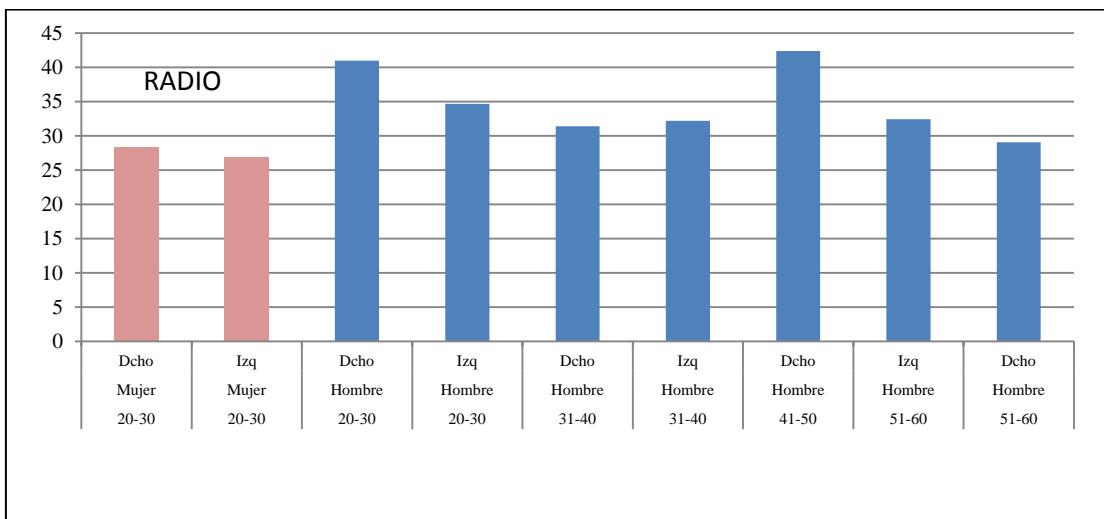


Gráfico 3

### 5.1.2 Teniendo en cuenta el sexo (morfológico) y el número de huesos:

Nuestra muestra cuenta con un total de 22 individuos; 16 hombres, 6 mujeres. En total disponemos de 132 restos óseos a estudiar, de los cuales, 36 huesos pertenecen a sujetos femeninos, 96 a sujetos masculinos. Tenemos 12 cúbitos, 12 húmeros y 12 radios femeninos. En cuanto al sexo masculino, tenemos 32 cúbitos, 32 húmeros y 32 radios.

### 5.1.3 Teniendo en cuenta la variable cuantitativa peso y las variables cualitativas; edad, sexo y huesos:

Para valorar correctamente el peso, hemos seleccionado los huesos que estaban sin fragmentar (en el inventario de Excel® corresponden a un valor de 1). Obtenemos los resultados en la Tabla 4.

El húmero (peso promedio: 93,5 mg) es mucho más robusto respecto al cúbito (peso promedio: 36,6 mg) y al radio (peso promedio: 33,4 mg). Si comparamos ambos hemilados con respecto al sexo, vemos que la robustez del sexo masculino (M) es

mayor que la del sexo femenino (F). La robustez del hemilado derecho es clara respecto a la del hemilado izquierdo, únicamente el hemilado izquierdo de los cúbitos del sexo masculino son más robustos. En global, el rango de edad comprendido entre 20-30 años es el más robusto, posteriormente hay un declive. A excepción del cúbito que su máxima robustez se encuentra en el rango de edad 41-50, como podemos ver en los Gráficos 1,2 y 3.

#### 5.1.4 Comparación de los MSM según las cuatro fases según Takigawa (2013)<sup>6</sup>, sin tener en cuenta el peso, incluyendo los restos óseos completos y fragmentados.

Como podemos ver en la Tabla 5, la TM es el marcador más llamativo antropométricamente, seguido de la Tm, según la categorización de Tawigama (2013)<sup>6</sup>. El OL, es el marcador menos llamativo antropométricamente.

Descriptiva marcadores antropometría						
	TMm	Tmm	CBm	TLRm	Olm	CSm
<b>Media</b>	7,12	6,33	4,88	4,60	0,91	3,95
<b>Error típico</b>	0,43	0,56	0,46	0,21	0,12	0,32
<b>Mediana</b>	6,51	6,74	4,27	4,44	0,80	3,78
<b>Desviación estándar</b>	1,47	1,93	1,61	1,13	0,58	1,75
<b>Varianza de la muestra</b>	2,17	3,72	2,59	1,29	0,34	3,06
<b>Rango</b>	4,24	6,56	4,91	4,15	2,06	7,43
<b>Mínimo</b>	5,32	3,90	3,16	2,90	0,23	1,62
<b>Máximo</b>	9,56	10,46	8,07	7,05	2,29	9,05
<b>Suma</b>	85,42	75,93	58,58	137,92	20,99	118,36
<b>Cuenta</b>	12,00	12,00	12,00	30,00	23,00	30,00

Tabla 5

A pesar de que el peso promedio del cúbito del hemilado izquierdo saliese mayor, analizando los MSM (datos obtenidos de la Tabla 12 de referencia de anexos) de todos los cúbitos vemos que en el OL la mayoría se encuentran en una fase 1, independientemente de la edad y del sexo. En la CS vemos que el hemilado derecho es levemente superior al hemilado izquierdo, en cuanto al marcaje de los MSM. Lo mismo ocurre tanto en hombres como en mujeres.

En el radio, analizamos el marcador de la TR. Los únicos datos significativos son que entre los 31-40 y 41-50 del sexo masculino el hemilado izquierdo está más marcado.

#### 5.1.5 Comparación entre la antroposcopia y la antropometría:

Como podemos ver en la Tabla 7 de anexos, la valoración antroposcópica no se asemeja a la medición antropométrica. La CS es el MSM que más se correlaciona, siendo el OL el que menos.

#### 5.1.6 Comparación entre la antropometría y la radiometría:

Basándonos en los Gráficos 4 del anexo y la Tabla 8, podemos describir la relación entre la antropometría y la radiometría. El MSM de la TM se relaciona perfectamente, pero es más representativa la grafica del MSM de la CS en la que vemos un aumento proporcional en los cuatro casos seleccionados.

#### 5.1.5 Comparación de la densitometría y la densidad óptica:

Basándonos en los datos obtenidos en la Tabla 9, representados gráficamente en los Gráficos 5 del anexo podemos observar la correlación relativa entre la densitometría por niveles de grises y la densidad óptica. La Tm es el MSM que menos se correlaciona, siendo la TR la que mejor se correlaciona. La densidad óptica tiene una mayor relación con el marcaje de los MSM que la densitometría por niveles de grises.

COMPARACIÓN DE LA DENSITOMETRÍA CON LA DENSITOMETRÍA ÓPTICA												
MSM	TMdo	TMd	Tmdo	Tmd	OLdo	OLd	CSdo	CSd	TDdo	TDd	TRdo	TRd
Media	0,88	0,8	0,9	0,8	0,92	0,9	0,86	0,79	0,94	0,93	0,91	0,82
Error típico	0,01	0	0,03	0	0,02	0,1	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,03
Desviación estándar	0,02	0,1	0,06	0,1	0,04	0,1	0,03	0,03	0,02	0,04	0,02	0,06
Varianza	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
Coeficiente de asimetría	0,54	1,3	-1	4,6	1,63	1,2	2	0,86	0,75	-0,9	-1,66	-2
Rango	0,05	0,2	0,13	0,1	0,08	0,2	0,05	0,06	0,04	0,1	0,04	0,12
Mínimo	0,86	0,7	0,82	0,7	0,89	0,8	0,85	0,76	0,92	0,87	0,89	0,73
Máximo	0,91	0,9	0,95	0,9	0,97	1	0,9	0,82	0,96	0,97	0,93	0,85
Mayor	0,91	0,9	0,95	0,9	0,97	1	0,9	0,82	0,96	0,97	0,93	0,85
Menor	0,86	0,7	0,82	0,7	0,89	0,8	0,85	0,76	0,92	0,86	0,89	0,73

Tabla 9

## **6. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Los resultados obtenidos vamos a compararlos principalmente con el modelo que hemos seguido en nuestro estudio, estandarizado por Takigawa (2013)<sup>6</sup>.

En la bibliografía revisada, confirman las siguientes premisas. (i) La edad es un dato significativo en el marcaje de los MSM. (ii) El hemilado derecho es más robusto que el hemilado izquierdo. (iii) Los restos del sexo masculino son más robustos que los del sexo femenino.

En nuestro trabajo podemos confirmar estas tres hipótesis. La edad sí que es un dato que afecta a los MSM, siendo los 20-30 años el rango de edad donde hay una mayor robustez, al igual que en los restos óseos del sexo masculino tienen una mayor robustez que los del sexo femenino, Takigawa (2013)<sup>6</sup>. En los grupos prehistóricos es posible que empezasen desde edades tempranas a realizar actividades intensas, y por esta razón, los MSM se empiezan a acumular antes. Posteriormente, pensamos que el esfuerzo físico sería menor, ya que abandonarían sus trabajos. Este autor además compara su muestra prehistórica con la edad moderna de los japoneses, argumentando que en los grupos prehistóricos los MSM no se diferencian tanto según las edades, con la intensidad con la que los hacen los japoneses modernos. En la sociedad moderna, los hombres experimentaban su mayor robustez entre los 60-69 años y posteriormente había un declive. Sin embargo, en las mujeres los MSM siguen aumentando con la edad. Se argumenta la hipótesis de que este hecho lo favorezca la menopausia, atrofia los huesos y esto se ve reflejado en un aumento de los MSM. En nuestro estudio debemos criticar el hecho de que el tamaño muestral de individuos femeninos es menor que el de masculinos (6 mujeres respecto a 16 hombres), además de que excluimos los huesos que están fragmentados para valorar la robustez, haciéndola aún más pequeña. Solamente tenemos un individuo femenino que tiene un rango de edad entre 51-60 y sus restos óseos no están completos. Por lo que es difícil comparar la muestra de sujetos femeninos según la edad y con el sexo masculino.

Valorados los métodos y la bibliografía revisada, nos hemos centrado en el estudio de ocho MSM de la extremidad superior. La metodología antroposcópica y antropométrica que hemos seguido principalmente es según el método de Takigawa (2013)<sup>6</sup>. Hemos incluido la mayoría de sus marcadores, además de añadir otros nuevos. En su artículo no especifica los métodos que han utilizado para la medición de los marcadores, por lo que la validez externa de su estudio creemos que disminuye. Hemos concluido en nuestro estudio la poca correlación que tiene la valoración antroposcópica con la antropometría. Siendo por lo tanto, una valoración muy subjetiva con gran sesgo inter-intra observador.

En cuanto a los MSM de la extremidad superior, según Takigawa (2013)<sup>6</sup>, comparando la antroposcopia y la antropometría, el olecranon y la tuberosidad radial son los MSM con una mayor correlación lineal, estableciéndose una diferencia entre sexos. La cresta del supinador y la tuberosidad del cúbito son los MSM con una menor

correlación. En nuestro estudio la CS es el MSM que más se correlaciona, siendo el OL el que menos. Nuestros resultados no concuerdan, pero como citado previamente y reforzando de esta manera nuestra conclusión de que la antroposcopia es un método de difícil valoración, de carácter subjetivo.

A diferencia de los demás estudios revisados, ninguno incluye el estudio de los marcadores mediante radiometría, densitometría por niveles de grises y por densidad óptica. A continuación vamos a describir cada marcador según las diferentes técnicas de análisis que hemos empleado;

1. **Cresta del tubérculo mayor (TM):** es el marcador que mejor se correlaciona entre la antropometría y la radiometría. La relación entre la densitometría por niveles de grises junto con la densidad óptica es buena. Finalmente no hay relación entre la antropometría y la antroposcopia. Este último dato se puede valorar como un sesgo del observador. Al ser un marcador fácilmente medible, en los otros métodos hemos obtenido resultados significativos.
2. **Cresta del tubérculo menor (Tm):** al igual que el marcador citado previamente, la relación entre la antroposcopia y la antropometría es mala. Sin embargo, al ser un marcador fácilmente medible, tiene una correlación entre la antropometría y la radiometría. Es el marcador que menos se relaciona por densitometría por niveles de grises junto con la densidad óptica.
3. **Tuberrosidad del deltoides (TD):** únicamente este marcador lo categorizamos antroposcópicamente y su relación con la densitometría por niveles de grises con la densidad óptica es bueno. No era un marcador que se pudiera medir, por lo que antropométricamente y radiométricamente no lo hemos analizado.
4. **Tuberrosidad del radio (TR):** es el mejor marcador en el cual la densitometría óptica se correlaciona con la densitometría por niveles de grises. Al compararlo con la antropometría que lo hemos hecho con la tuberosidad lateral del radio (TLR), tenemos pocos datos para poder afirmar que tiene una buena correlación.
5. **Tuberrosidad del cúbito (TC):** lo hemos analizado antroposcópicamente, por densitometría por niveles de grises y por densidad óptica. Es poco significativo, debido a su dificultad a la hora de la medición, tenemos pocos datos que correlacionen los tres métodos. Por otro lado, antroposcópicamente es un marcador bastante visible. Confirmamos la hipótesis, cuanto mayor es la fase del marcador, más radioopaco es y mayor es el porcentaje de densidad.
6. **Olecranon (OL):** es un marcador que se relaciona muy bien entre la densitometría por niveles de grises y la densidad óptica. También entre la radiometría y la antropometría. En conjunto estos cuatro métodos sí que se relacionan. Sin embargo, entre la antroposcopia y la antropometría hay una menor relación.
7. **Cresta del supinador (CS):** es el marcador en el que podemos observar como aumenta proporcionalmente la radiometría respecto a la antropometría, es el que mejor se correlaciona antropométricamente junto con la antroposcopia. Sin embargo, la densitometría y la densidad por niveles de grises tiene menor relación.

Ahora que ya hemos analizado cada marcador por separado, vamos a describir las principales actividades que realizaban los musulmanes que habitaban en Zaragoza durante los siglos XI-XII.

La agricultura fue uno de los principales sectores productivos de la Zaragoza musulmana, supieron reutilizar y poner en marcha la infraestructura hídrica romana. El buen clima y su privilegiada situación, junto a los ríos Gállego, Huerva y el Ebro favorecían la abundancia de huertos. Además, hay que destacar que desde el siglo VIII hasta el siglo XIII se produce la revolución agrícola del islam.

Las industrias con mayor importancia eran la de la piel y la metalúrgica. La alfarería zaragozana tiene una extraordinaria importancia siendo las espadas el producto más importante. Los telares eran también muy importantes para la época. También consta que realizaban ejercicios ecuestres, carreras de caballos, demostraciones y desfiles militares, López (2002)<sup>22</sup>.

Vamos a relacionar ahora las posibles actividades que realizaban en Zaragoza como los MSM.

A los 20-30 años, es donde vemos las mayores diferencias entre ambos hemilados y donde hay una mayor actividad en los marcadores. La cresta de la tuberosidad mayor del húmero seguida de la tuberosidad menor del húmero son los marcadores más llamativos. Relacionados con la aducción y la rotación interna del hombro que podemos correlacionar con movimientos de vaivén, repetitivos, relacionados a su vez con actividades agrícolas, carga de peso entre otras, Estévez (2002)<sup>15</sup>. Esto podría corresponder con que los musulmanes trabajaran en actividades agrícolas, transportando cargas pesadas sobre un solo hombro. Después de este rango de actividad, no podemos comparar en las edades más avanzadas entre ambos hemilados ya que no disponemos de datos suficientes, la mayoría de nuestra muestra se encuentra entre los 20-30 años. Tenemos la hipótesis de que a edades más avanzadas y en especial las mujeres, en la Tm no veríamos tantas diferencias entre los hemilados, y esto podría relacionarse con ciertas actividades; el trabajo de las pieles y las actividades relacionadas con la alfarería, amasar arcilla y la tejería, Estévez (2002)<sup>15</sup>.

En general no son muy significativos los datos de los marcadores del cúbito y del radio en cuanto al hemilado. La TR está categorizada en fases elevadas (Tabla 12 anexos) por lo que traducimos esto en un alto empleo del bíceps braquial. El trabajo con el arado también podría estar relacionado con este marcador. Esto explicaría la acción conjunta del bíceps braquial, con el pectoral mayor, el dorsal ancho, redondo mayor y deltoides. De la Cruz (2011)<sup>22</sup> describe en su trabajo la relación de la TR con la hipertrofia de la tuberosidad del cúbito y desarrollo de la cresta del supinador,

<sup>22</sup>López MJ, Dandachli C, Samper F. Aragón musulmán: novecientos años de una presencia enriquecedora (2002).

atribuyendo actividades que afectan mecánicamente a los codos por la supinación y la hiperflexión de los brazos. Según López (2002)<sup>21</sup> está relacionado con movimientos repetitivos como recogida de frutos de los árboles forjadores de hierro y una actividad claramente agrícola segar, cavar, cortar madera o portar peso. También podría relacionarse con la tejería, actividad muy importante en esta época.

El olecranon tiene importancia porque determina el lado preferente de un individuo, según De la Cruz (2011)<sup>23</sup>. Sin embargo en nuestros resultados ha sido poco significativo, la mayoría se encuentran en una categoría de 1. Este marcador está relacionado según López (2002)<sup>21</sup> en tareas de percusión: cortar, majar, elaborar objetos líticos.

Uno de los problemas del estudio de los MSM, que vemos en el análisis de las actividades según los marcadores, al igual que lo han descrito muchos autores previamente, es que se analiza cada inserción muscular de forma independiente y después se intenta asociar con una actividad específica, cuando los músculos no trabajan individualmente, por lo que son los grupos musculares los que se deberían intentar asociar con la relación de una actividad, López (1999)<sup>24</sup>, Niño (2004)<sup>4</sup>. Como argumenta Acosta (2012)<sup>25</sup> que las interpretaciones osteológicas deben estructurarse con base en una visión integral del sistema motriz. Galtés (2007)<sup>26</sup> critica la dificultad de estudio ya que el hueso humano solo tiene dos posibilidades de respuesta frente a un estímulo determinado, la osteogénesis o la osteolisis dificulta la atribución de una determinada lesión a una ocupación concreta.

Finalmente comentar que nuestro trabajo no ha utilizado técnicas de valoración estadística distintas a las de carácter descriptivo debido a que los métodos empleados no han sido desarrollados por los otros autores. Además la muestra se segmenta en ocho marcadores de la extremidad superior lo que hace un tamaño muestral difícilmente valorable estadísticamente.

---

<sup>23</sup> De la Cruz L, Gutiérrez de Calderón L, San Millán M. Estudio de los marcadores de actividad de los restos recuperados de la Mezquita del Cristo de la Luz (Toledo). 2011; 463 – 469.

<sup>24</sup> López-Bueis. Marcadores de estrés musculoesquelético en los huesos largos de una población española (Wamba, Valladolid). 1999; 7(13): 94-10.

<sup>25</sup> Acosta MA. Vergara Una mirada a los marcadores óseos de actividad: aproximación al periodo Temprano (340 a. C. – 440 d. C.) del valle geográfico del río Cauca 2012; 48 (1): 169-187.

<sup>26</sup> Galtés I, Jordana X, García X, Malgosa A. Marcadores de actividad en restos óseos. Cuad Med Forense. 2007; 13: 48-49.

De todo lo anteriormente expuesto se pueden deducir las siguientes:

## **7. CONCLUSIONES**

PRIMERA: la robustez ponderal (peso) en nuestra muestra de la extremidad superior se presenta mayor en el hemilado derecho respecto al hemilado izquierdo.

SEGUNDA: los restos óseos analizados de la extremidad superior del sexo masculino tienen una mayor robustez que los del sexo femenino.

TERCERA: los restos óseos valorados del sexo masculino en el rango de edad entre 20-30 años son los más robustos (ponderalmente).

CUARTA: la valoración por el método antroposcópico de los marcadores de la extremidad superior de nuestra muestra resulta compleja y es un método con un elevado sesgo inter-intra observador.

QUINTA: los métodos de análisis de imagen mediante morfometría, radiometría y densitometría permiten aportar valores subjetivos y se muestran como adecuados en la estimación.

SEXTA: la cresta de la tuberosidad mayor del húmero en los restos estudiados es el marcador más desarrollado.

SÉPTIMA: el olecranon es el marcador menos desarrollado de los huesos analizados.

OCTAVA: los marcadores más desarrollados se relacionan con la aducción y la rotación interna del hombro que podemos correlacionar con movimientos de vaivén, repetitivos, relacionados a su vez con actividades agrícolas, carga de peso entre otras.

## **8. BIBLIOGRAFIA**

1. Acosta MA. Vergara Una mirada a los marcadores óseos de actividad: aproximación al periodo Temprano (340 a. C. – 440 d. C.) del valle geográfico del río Cauca 2012; 48 (1): 169-187.
2. Alves Cardoso F, Henderson CY. Enthesopathy formation in the humerus: data from known age-at-death and known occupation skeletal collections. Am. J. Phys. Anthropol. 2010; 141: 550–560.
3. Alves Cardoso FA, Henderson, CY. The categorisation of occupation in ident skeletal collections: a source of bias? Int. J. Osteoarchaeol. 2013; 23:186–196.
4. Baena, S. La densitometría en la datación de restos óseos: su interés médico forense. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza. 2001.
5. Chapman M. Evidence for Spanish influence on activity induced musculoskeletal stress markers at Pecos Pueblo. International Journal of Osteoarchaeology. 1997; 7: 497–506.
6. De la Cruz L, Gutiérrez de Calderón L, San Millán M. Estudio de los marcadores de actividad de los restos recuperados de la Mezquita del Cristo de la Luz (Toledo). 2011; 463 – 469.
7. Escabuzo C. Estudios bioarqueológicos de marcadores de estrés ocupacional en cazadores recolectores pampeanos. Revista argentina de antropología biológica. 2012; 14 (1), 17-31.
8. Estévez González MC. Marcadores de estrés y actividad en la población guanche de Tenerife. 2002
9. Feneis H, Dauber W. Pocket atlas of human anatomy. 1st ed. Stuttgart: Thieme; 2000.
10. Galtés I, Jordana X, García X Malgosa A. Marcadores de actividad en restos óseos. Cuad Med Forense. 2007; 13: 48-49.
11. Galtés J, Malgosa A. Atlas metodológico para el estudio de marcadores musculoesqueléticos de actividad en el radio. 2007; (3).
12. Hawkey DE, Merbs CF. Activity-induced musculoskeletal stress markers (MSM) and subsistence strategy changes among ancient Hudson Bay Eskimos. Int. J. Osteoarchaeol. 1995; 5: 324–338.
13. Henderson CY. Rethinking musculoskeletal stress markers. Poster Presented at the British Association for Biological Anthropology and Osteoarchaeology Annual Conference. 2003; 5–17.
14. [Internet]. 2017 [cited 12 May 2017]. Available from: 33. <https://issuu.com/cdlaragon/docs/sesion3>.
15. Kennedy KAR. Skeletal markers of occupational stress. Reconstruction of life from the skeleton. 1989; 129-160.
16. Kenneth AR. Climatic events and environmental adaptations relating to the Mesolithic hominids of the Gangetic Plain Quaternary International. 2008; 192: 14–19.

17. López-Bueis. Marcadores de estrés musculoesquelético en los huesos largos de una población española (Wamba, Valladolid). 1999; 7(13): 94-10.
18. López MJ, Dandachli C, Samper F. Aragón musulmán: novecientos años de una presencia enriquecedora (2002).
19. Malgosa A, Isidro A, Ibáñez-Gimeno P, Prats-Muñoz G. Extremidad superior: cambios en las entesis, rigidez humeral y forma diafisaria. 2013; 373-3884.
20. Mejía JG. Análisis de marcadores de estrés en poblaciones del Holoceno y Tardía inicial de la sabana de Bogotá. 2012; 488 (1):143-168.
21. Merbs, Ph D. Musculoskeletal stress markers. Limitations and achievements in the reconstruction of past activity patterns. 2009.
22. Milella M, Belcastro G, Zollikofer P, Mariotti V. The effect of age, sex, and physical activity on enthesal morphology in a contemporary Italian skeletal collection. American Journal of Physical Anthropology. 2012; 148: 379–388.
23. Molnar P, Ahlstrom P, Leden I. Osteoarthritis and activity—an analysis of the relationship between eburnation, musculoskeletal stress markers (MSM) and age in two Neolithic hunter-gatherer populations from Gotland, Sweden. International Journal of Osteoarchaeology. 2011; 21: 283–291
24. Molnar P. Tracing prehistoric activities: musculoskeletal stress marker analysis of a Stone-Age population on the Island of Gotland in the Baltic Sea. American Journal of Physical Anthropology. 2006; 129: 12–23.
25. Niño FP. “Metodología para el registro de marcadores de estrés músculoesquelético”. Boletín de Antropología Universidad de Antioquia, Medellín. 2005; 19 (36): 255-268.
26. Robb, JE. The interpretation of skeletal muscle sites: a statistical approach. Int. J. Osteoarchaeol. 1998; 8, 363–377
27. Schünke M, Schulte E, Schumacher U, Rude J, Voll M, Wesker K. Prometheus. 2st ed. Buenos Aires: Médica Panamericana; 2009.
28. Takigawa W. Age changes of musculoskeletal stress markers and their inter-period comparisons. 2014; 122 (1): 7-22.
29. Krenzer U. Compendio de métodos antropológico forenses para la reconstrucción del perfil osteo-biológico. 1st ed. Guatemala: CAFCA, Centro de Análisis Forense y Ciencias Aplicadas; 2006.
30. Villotte, S. Connaissances médicales actuelles, cotation des enthésopathies: Nouvelle méthode. Bull. Mém. Soc. Anthropol. Paris. 2006; 18: 65–85.
31. Villotte S, Castex D, Couallier V, Dutour O, Knüsel CJ. Henry-Gambier D. Enthesopathies as occupational stress markers: evidence from the upper limb. Am. J. Phys. Anthropol. 2010; 42: 224–234.
32. Weiss E. Understanding muscle markers: aggregation and construct validity. American Journal of Physical Anthropology. 2003; 121: 230–240.
33. Weiss E. Understanding muscle markers: lower limbs. American Journal of Physical Anthropology. 2004; 125: 232–238.

34. Wilczak, CA. Consideration of sexual dimorphism, age, and asymmetry in quantitative measurements of muscle insertion sites. *Int. J. Osteoarchaeol.* 1998; 8: 311–325.
35. Wilczak CA et al. *Journal of Archaeological Science.* 2017; 11: 69–79.

## 9. ANEXOS

NOMENCLATURA DE LAS ABREVIATURAS						
MSM	Antroposcopia	Antropometría	Radiometría	Radiometría categorizada	Densitometría	Densidad óptica
<b>TM: cresta del tubérculo mayor</b>	TMp	TMm	TMr	TMr c	TMd	TMdo
<b>Tm: cresta del tubérculo menor</b>	Tmp	Tmm	Tmr	Tmr c	Tmd	Tmdo
<b>CB: Corredera Bicipital</b>	CBp	CBm	CBr	CBr c	CBd	CBdo
<b>TD: Tuberosidad deltoidea</b>	TDp	TDm	TDr	TDr c	TDd	TDdo
<b>TR: Tuberosidad radial</b>	TRp	TRm	TRr	TRr c	TRd	TRdo
<b>TLR: Tuberosidad lateral radial</b>	TLRp	TLRm	TLRr	TLRr c	TLRd	TLRdo
<b>OL: OLECRANON</b>	OLp	OLm	OLr	OLr c	OLd	OLdo
<b>CS: Cresta del supinador</b>	CSp	CSm	CSr	CSr c	CSd	Csdo
<b>TC: Tuberosidad del cúbito</b>	TCp	TCm	TCr	TCr c	TCd	TCdo

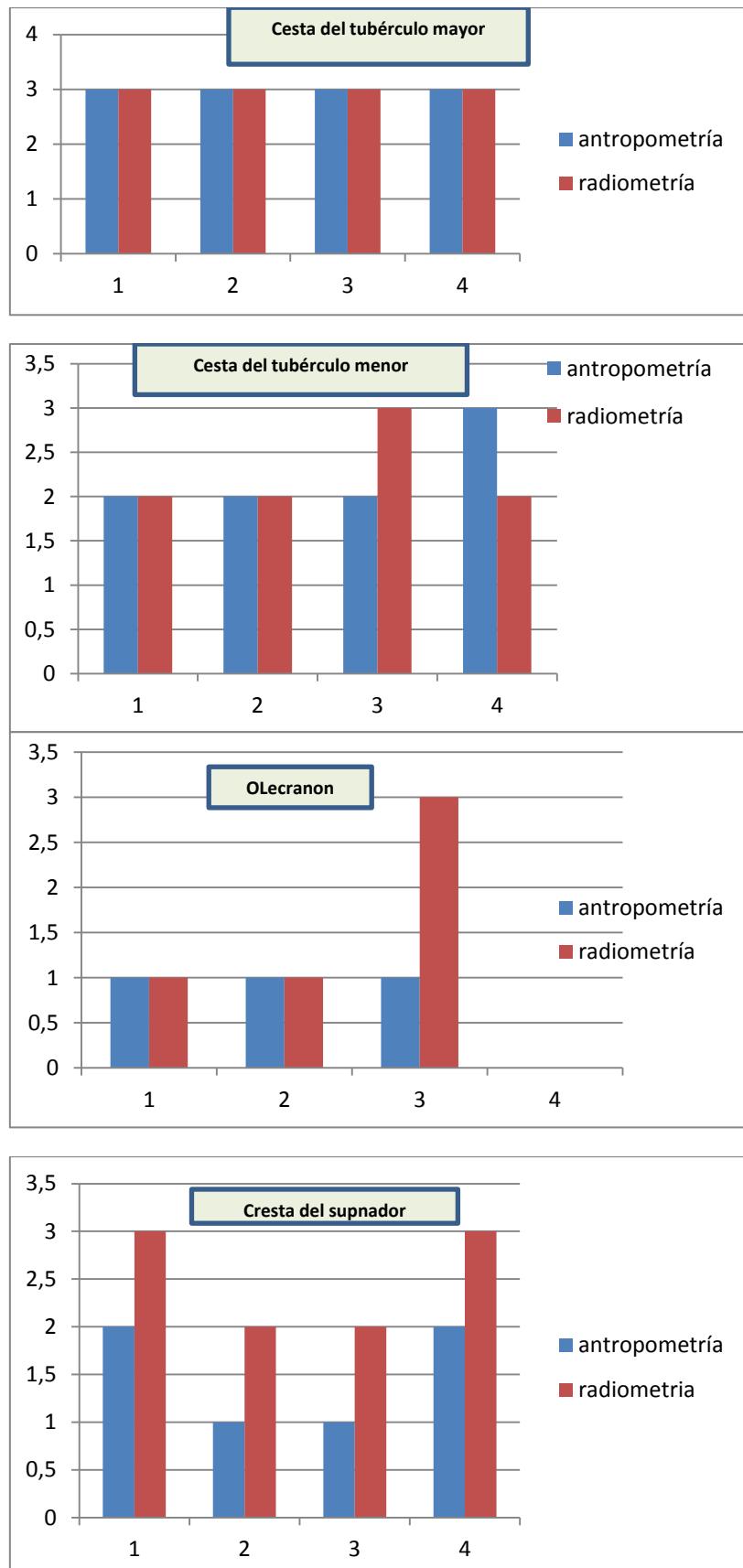
Tabla 6

COMPARACIÓN ANTROPOSCOPIA CON LA ANTROPOMETRÍA CATEGORIZADA						
FASE	TMp	TMm c	FASE	TRp	TLRm c	Número de huesos
	Número de huesos	Número de huesos		Número de huesos	Número de huesos	
0	0	0	0	2	0	
1	4	0	1	11	1	
2	5	0	2	15	15	
3	4	12	3	4	12	
FASE	Tmp	Tmm c	FASE	CSp	CSm c	Número de huesos
	Número de huesos	Número de huesos		Número de huesos	Número de huesos	
0	2	0	0	4	0	
1	4	0	1	10	8	
2	5	5	2	14	15	
3	2	7	3	3	5	
FASE	TDp	TDm c	FASE	Olp	OLm c	Número de huesos
	Número de huesos	Número de huesos		Número de huesos	Número de huesos	
0	2	x	0	6	0	
1	9	x	1	8	21	
2	13	x	2	8	0	
3	3	x	3	1	0	

Tabla 7

En la Tabla 7 la “FASE” hace referencia a las cuatro fases en las que Takigawa (2013)<sup>6</sup> categoriza los MSM.

Junio de 2017

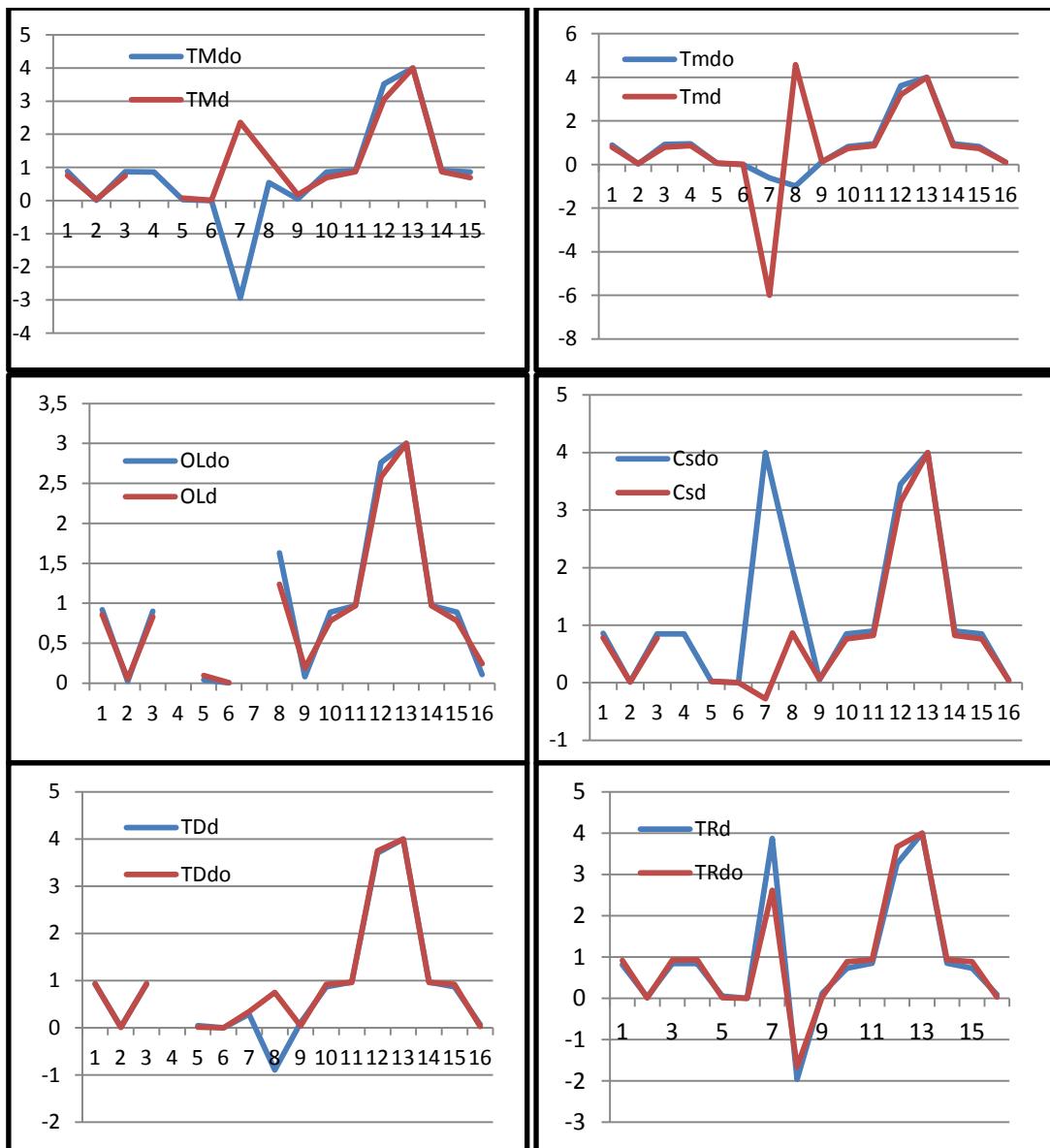


Gráficos 4

<b>COMPARACIÓN DE LA ANTROPOMETRÍA CON LA RADIOMETRÍA CATEGORIZADA</b>				
<b>CASOS</b>	<b>TMm</b>	<b>TM<sub>r</sub> c</b>	<b>OLm</b>	<b>OL<sub>r</sub> c</b>
<b>1</b>	3	3	1	1
<b>2</b>	3	3	1	1
<b>3</b>	3	3	1	3
<b>4</b>	3	3		
<b>CASOS</b>	<b>Tmm</b>	<b>Tmr c</b>	<b>CSm</b>	<b>CSr c</b>
<b>1</b>	2	2	2	3
<b>2</b>	2	2	1	2
<b>3</b>	2	3	1	2
<b>4</b>	3	2	2	3

*Tabla 7*

Junio de 2017



Gráficos 5

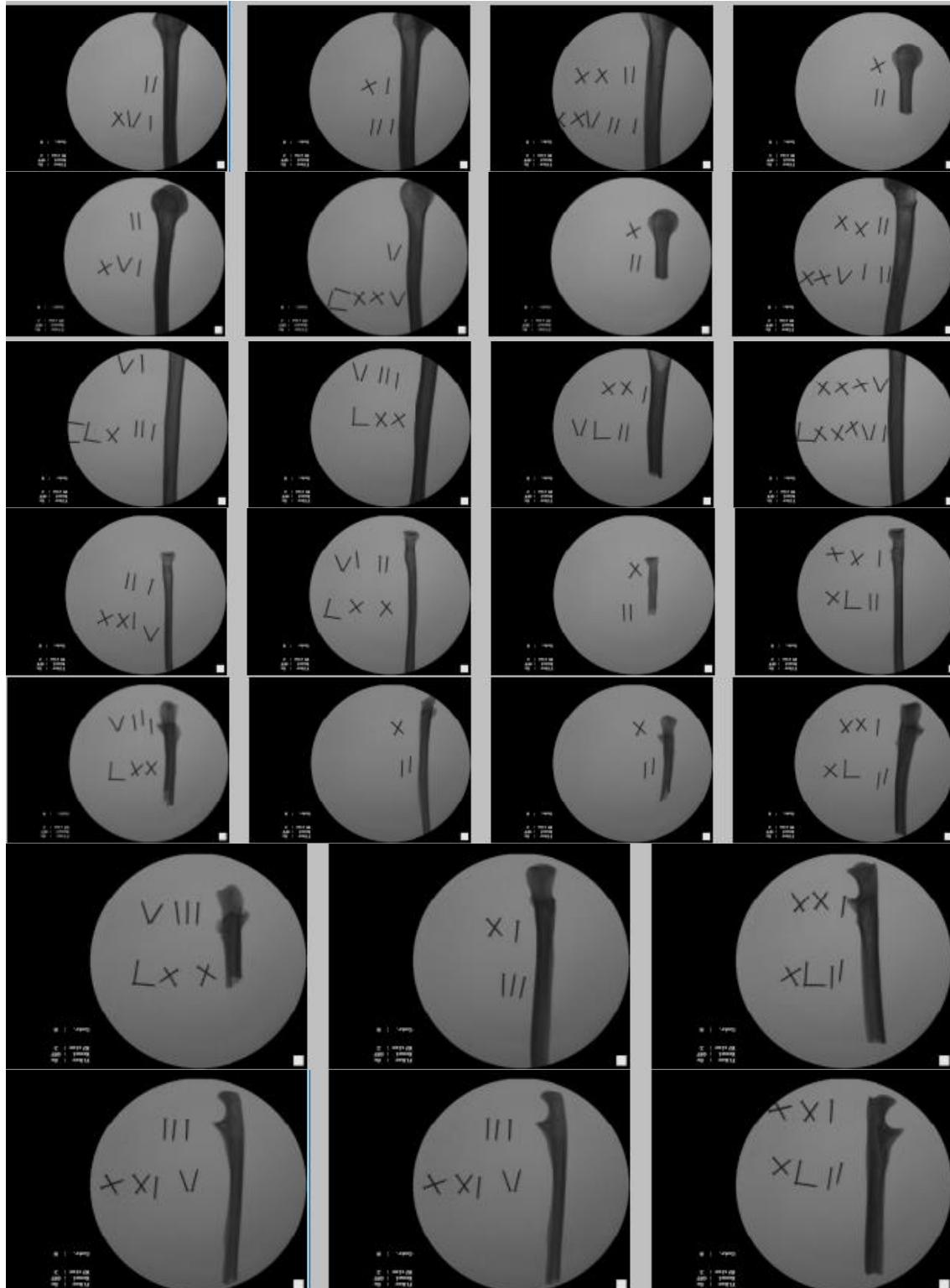
Comparación de la antropometría, la radiometría, la radiometría categorizada, la densitometría y la densitometría óptica.

ANTROPOMETRIA C	RADIOMETRÍA	RADIOMETRÍA C	DENSITOMETRÍA	DENSITOMETRÍA ÓPTICA
<b>TMm c</b>	<b>TMr c</b>	<b>TMr</b>	<b>TMd</b>	<b>TMdo</b>
3	3	6,27	0,69	0,86
3	3	11,05	0,74	0,86
3	3	7,38	0,87	0,91
3	3	13,4	0,75	0,89
<b>Tmm c</b>	<b>Tmr c</b>	<b>Tmr</b>	<b>Tmd</b>	<b>Tmdo</b>
2	2	4,69	0,86	0,95
2	2	3,24	0,74	0,89
2	3	6,43	0,74	0,82
3	2	6,6	0,86	0,95
<b>Olm c</b>	<b>Olr c</b>	<b>Olr</b>	<b>Old</b>	<b>Oldo</b>
1	1	1,37	0,83	0,89
1	1	1,64	0,78	0,9
1	3	5,2	0,97	0,97
<b>CSm c</b>	<b>CSr c</b>	<b>CSr</b>	<b>CSd</b>	<b>Csdo</b>
2	2	8,32	0,76	0,85
1	1	3,5	0,77	0,85
1	1	3,72	0,82	0,85
2	2	6,8	0,79	0,9
<b>TDm c</b>	<b>TDrc</b>	<b>TDr</b>	<b>TDd</b>	<b>TDdo</b>
x	x	X	0,92	0,92
X	X	X	0,87	0,96
X	X	X	0,95	0,93
x	X	X	0,97	0,94
<b>TLRm c</b>	<b>TRr c</b>	<b>TRr</b>	<b>TRd</b>	<b>Trdo</b>
2	X	X	0,73	0,89
3	X	X	0,84	0,92
X	X	X	0,84	0,93
X	X	X	0,85	0,93

Tabla 10

Radiografías empleadas para el análisis con radiometría, densitometría por niveles de grises y densidad óptica.

En orden podemos ver cada MSM fotografiado (TM, Tm, TD, TR, OL, CS, TC).



Figuras 26

Junio de 2017

Fotografías de los MSM según las cuatro fases de categorización de Takigawa (2013)<sup>6</sup>.



Junio de 2017



Figuras 27

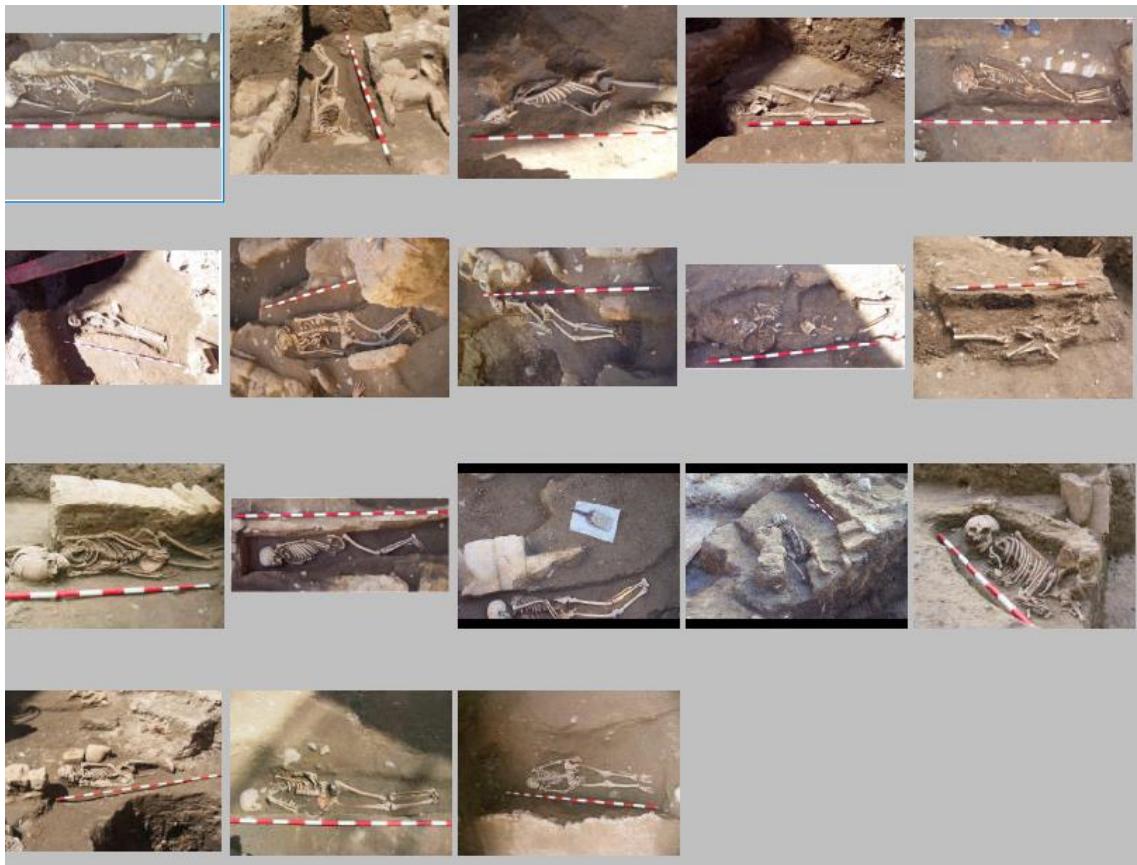
Referencias de las cajas y de las tumbas de cada MSM (caja.tumba) de las Figuras 27, seleccionadas por antroposcopia.

	ANTROPOSCOPIA			
	FASE 0	FASE 1	FASE 2	FASE 3
TM	3.24	5.152	11.3	26.55
Tm	3.24	39.108	6.16	26.55
TD	3.24	16.27	6.16	21.42
TR	3.24	6.16	39.108	21.42
TLR	3.24	2.16	11.3	21.42
TC	3.24	11.3	10.2	21.42
CS	3.24	10.2	8.70	21.42
OL	10.2	6.16	7.17	21.42

Tabla 11

Junio de 2017

Tumbas de la necrópolis del Centro Histórico de Zaragoza en la C/ San Agustín 25.



Figuras 28

Muestra de la colección ósea.

Caja 2. Tumba 16



Junio de 2017

Caja 3. Tumba 24



Caja 4. Tumba

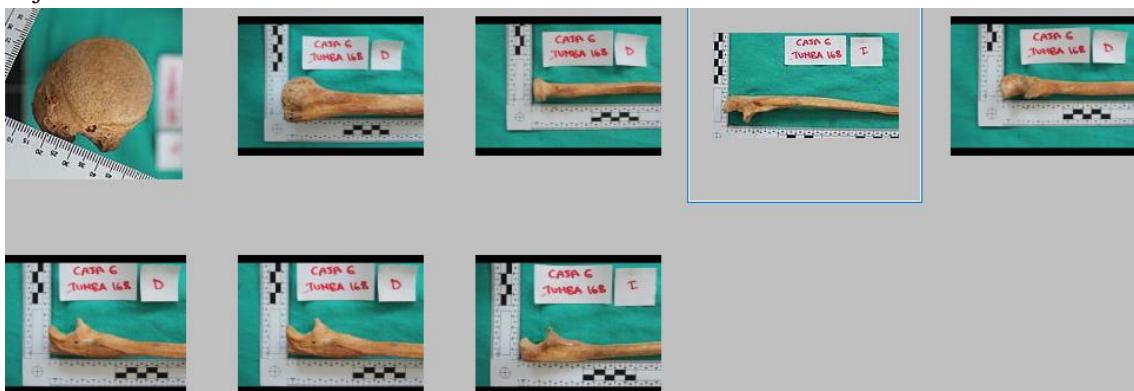


Caja 5. Tumba 125

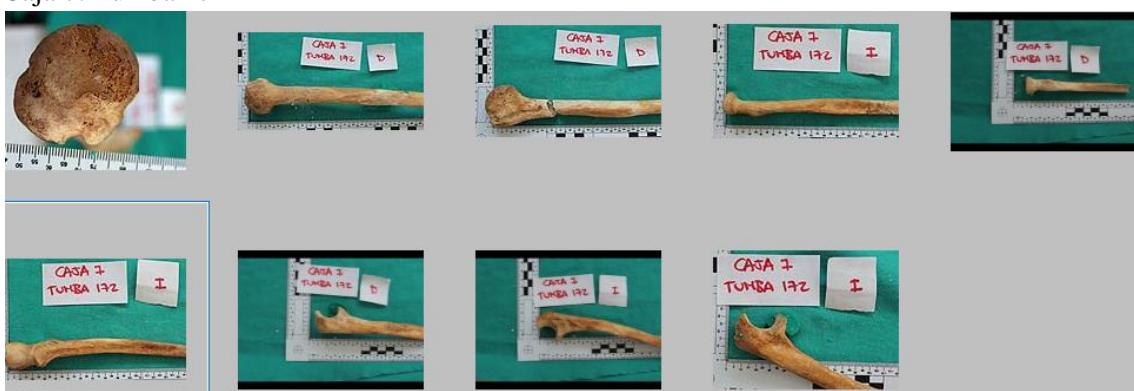


Junio de 2017

Caja 6. Tumba 168



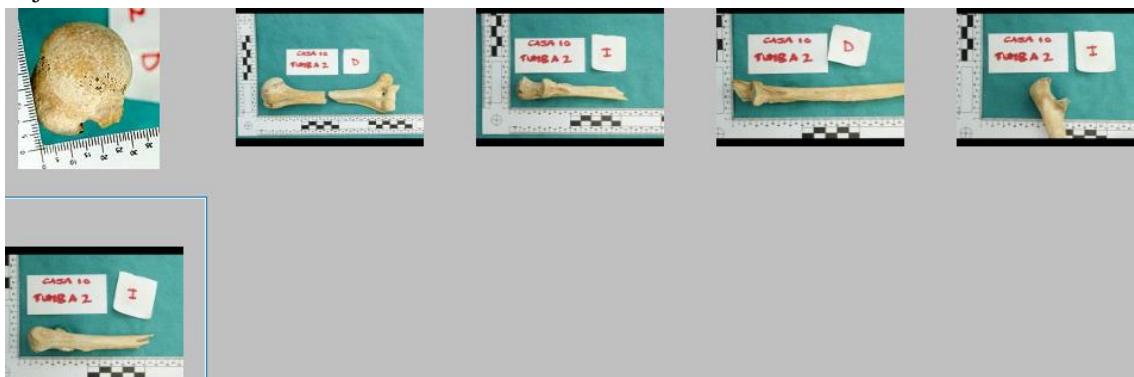
Caja 7. Tumba 172



Caja 8. Tumba 70



Caja 10. Tumba 2



Junio de 2017

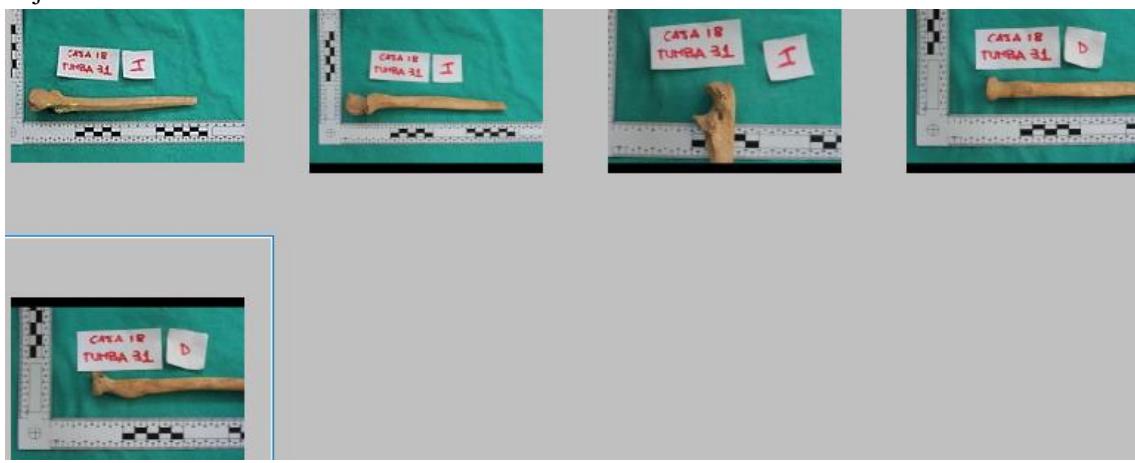
Caja 11. Tumba 3



Caja 16. Tumba 27



Caja 18. Tumba 31



Junio de 2017

Caja 19. Tumba 37



Caja 21. Tumba 42



Caja 22. Tumba 38



Junio de 2017

Caja 25. Tumba 47



Caja 25. Tumba 47



Caja 26. Tumba 55



Junio de 2017

Caja 26 . Tumba 58



C aja 28. Tumba 66



Caja 30. Tumba 75



Caja 33. Tumba 76



Junio de 2017

Caja 35. Tumba 86



Caja 39. Tumba 108



Tabla de referencia

Referencia	Radiometría						Radiometría c			
Referencia	TMr	Tmr	OLr	CSr	TMr c	Tmr c	OLr c	CSr c	TMd	Tmd
2.16	6,27	4,69	OLr	8,32	3	2	1	3	69,14	86,46
10.2	11,05	6,43	1,37	3,50	3	3	1	2	74,00	74,00
11.3	7,38		1,64	3,72	3		3	2	87,37	
22.38	13,40	6,60	5,20	6,80	3	2		3	75,00	86,46

Continuación de la tabla de referencia

Referencia	Densitometría					Densitometría óptica						
	TDd	TRd	OLd	TCd	CSd	TMdo	Tmdo	TDdo	TRdo	OLdo	TCdo	CSdo
2.16	92,00	73,00	83,00	93,00	76,00	0,86	0,95	0,92	0,89	0,89	0,93	0,85
10.2	86,60	84,00	78,00	96,90	77,00	0,86	0,82	0,96	0,92	0,90	0,95	0,85
11.3	94,90	84,00	97,00	74,00	0,82	0,91		0,93	0,93	0,97	0,98	0,85
22.38	97,00	85,00		91,00	79,00	0,89	0,95	0,94	0,93		0,98	0,90

Continuación de la tabla de referencia

Referencia	Sexo	Edad	Huesos	Hemilado	Inventario	Peso
Referencia	Sexo	Edad	Huesos	Hemilado	Inventario	Peso
2.16	M	20-30	Húmero	Derecho	1	124,00
2.16	M	20-30	Húmero	Izquierdo	1	114,00
2.16	M	20-30	Radio	Derecho	1	37,20
2.16	M	20-30	Radio	Izquierdo	1	34,70
2.16	M	20-30	Cúbito	Derecho	2	X
2.16	M	20-30	Cúbito	Izquierdo	1	49,00
3.24	M	20-30	Húmero	Derecho	2	85,30
3.24	M	20-30	Húmero	Izquierdo	2	77,80
3.24	M	20-30	Radio	Derecho	2	X
3.24	M	20-30	Radio	Izquierdo	3	X
3.24	M	20-30	Cúbito	Derecho	2	29,80
3.24	M	20-30	Cúbito	Izquierdo	2	X
4.147	M	41-50	Húmero	Derecho	2	X
4.147	M	41-50	Húmero	Izquierdo	2	127,80
4.147	M	41-50	Radio	Derecho	1	42,40
4.147	M	41-50	Radio	Izquierdo	2	39,40
4.147	M	41-50	Cúbito	Derecho	2	X
4.147	M	41-50	Cúbito	Izquierdo	1	54,00
5.125	F	20-30	Húmero	Derecho	1	91,10
5.125	F	20-30	Húmero	Izquierdo	2	75,70
5.125	F	20-30	Radio	Derecho	1	31,50
5.125	F	20-30	Radio	Izquierdo	1	26,90
5.125	F	20-30	Cúbito	Derecho	1	39,40
5.125	F	20-30	Cúbito	Izquierdo	1	35,50
6.168	F	20-30	Húmero	Derecho	2	65,70
6.168	F	20-30	Húmero	Izquierdo	2	25,90
6.168	F	20-30	Radio	Derecho	1	25,20
6.168	F	20-30	Radio	Izquierdo	3	X
6.168	F	20-30	Cúbito	Derecho	1	27,70
6.168	F	20-30	Cúbito	Izquierdo	1	31,60
7.172	F	20-30	Húmero	Derecho	2	78,00
7.172	F	20-30	Húmero	Izquierdo	3	X
7.172	F	20-30	Radio	Derecho	2	25,10
7.172	F	20-30	Radio	Izquierdo	2	24,10
7.172	F	20-30	Cúbito	Derecho	1	30,50
7.172	F	20-30	Cúbito	Izquierdo	2	35,10
8.70	M	20-30	Húmero	Derecho	2	89,70
8.70	M	20-30	Húmero	Izquierdo	2	52,80
8.70	M	20-30	Radio	Derecho	2	25,70
8.70	M	20-30	Radio	Izquierdo	2	9,40
8.70	M	20-30	Cúbito	Derecho	2	30,80

Junio de 2017

8.70	M	20-30	Cúbito	Izquierdo	2	38,10
10.2	F	20-30	Húmero	Derecho	2	39,10
10.2	F	20-30	Húmero	Izquierdo	3	X
10.2	F	20-30	Radio	Derecho	3	X
10.2	F	20-30	Radio	Izquierdo	2	5,60
10.2	F	20-30	Cúbito	Derecho	2	21,20
10.2	F	20-30	Cúbito	Izquierdo	2	14,00
11.3	M	31-40	Húmero	Derecho	2	132,20
11.3	M	31-40	Húmero	Izquierdo	1	51,70
11.3	M	31-40	Radio	Derecho	2	11,20
11.3	M	31-40	Radio	Izquierdo	2	45,10
11.3	M	31-40	Cúbito	Derecho	2	33,80
11.3	M	31-40	Cúbito	Izquierdo	2	49,90
16.27	M	31-40	Húmero	Derecho	2	36,70
16.27	M	31-40	Húmero	Izquierdo	2	60,90
16.27	M	31-40	Radio	Derecho	1	31,40
16.27	M	31-40	Radio	Izquierdo	2	29,60
16.27	M	31-40	Cúbito	Derecho	2	36,30
16.27	M	31-40	Cúbito	Izquierdo	2	11,10
18.31	F	51-60	Húmero	Derecho	2	78,40
18.31	F	51-60	Húmero	Izquierdo	3	X
18.31	F	51-60	Radio	Derecho	2	17,00
18.31	F	51-60	Radio	Izquierdo	3	X
18.31	F	51-60	Cúbito	Derecho	2	22,90
18.31	F	51-60	Cúbito	Izquierdo	2	24,40
19.37	F	20-30	Húmero	Derecho	2	17,60
19.37	F	20-30	Húmero	Izquierdo	2	46,25
19.37	F	20-30	Radio	Derecho	2	4,40
19.37	F	20-30	Radio	Izquierdo	3	X
19.37	F	20-30	Cúbito	Derecho	3	X
19.37	F	20-30	Cúbito	Izquierdo	1	21,90
21.42	M	20-30	Húmero	Derecho	2	103,10
21.42	M	20-30	Húmero	Izquierdo	2	88,90
21.42	M	20-30	Radio	Derecho	1	44,80
21.42	M	20-30	Radio	Izquierdo	2	31,80
21.42	M	20-30	Cúbito	Derecho	2	58,80
21.42	M	20-30	Cúbito	Izquierdo	2	20,60
22.38	M	61-70	Húmero	Derecho	1	120,10
22.38	M	61-70	Húmero	Izquierdo	2	111,20
22.38	M	61-70	Radio	Derecho	1	35,20
22.38	M	61-70	Radio	Izquierdo	2	30,60
22.38	M	61-70	Cúbito	Derecho	1	42,40
22.38	M	61-70	Cúbito	Izquierdo	2	44,60
25.47	M	61-70	Húmero	Derecho	2	82,10

Junio de 2017

25.47	M	61-70	Húmero	Izquierdo	2	74,80
25.47	M	61-70	Radio	Derecho	1	29,70
25.47	M	61-70	Radio	Izquierdo	1	29,10
25.47	M	61-70	Cúbito	Derecho	2	36,40
25.47	M	61-70	Cúbito	Izquierdo	1	38,20
26.55	M	31-40	Húmero	Derecho	2	108,20
26.55	M	31-40	Húmero	Izquierdo	3	X
26.55	M	31-40	Radio	Derecho	2	12,70
26.55	M	31-40	Radio	Izquierdo	2	22,90
26.55	M	31-40	Cúbito	Derecho	3	X
26.55	M	31-40	Cúbito	Izquierdo	3	X
26.58	M	20-30	Húmero	Derecho	X	X
26.58	M	20-30	Húmero	Izquierdo	1	60,45
26.58	M	20-30	Radio	Derecho	2	23,15
26.58	M	20-30	Radio	Izquierdo	X	X
26.58	M	20-30	Cúbito	Derecho	1	32,30
26.58	M	20-30	Cúbito	Izquierdo	X	X
28.66	M	31-40	Húmero	Derecho	2	23,90
28.66	M	31-40	Húmero	Izquierdo	2	57,50
28.66	M	31-40	Radio	Derecho	2	36,40
28.66	M	31-40	Radio	Izquierdo	2	35,50
28.66	M	31-40	Cúbito	Derecho	2	18,00
28.66	M	31-40	Cúbito	Izquierdo	2	25,60
30.75	M	31-40	Húmero	Derecho	2	85,00
30.75	M	31-40	Húmero	Izquierdo	2	84,70
30.75	M	31-40	Radio	Derecho	2	26,40
30.75	M	31-40	Radio	Izquierdo	1	32,20
30.75	M	31-40	Cúbito	Derecho	2	24,60
30.75	M	31-40	Cúbito	Izquierdo	2	31,30
33.76	M	31-40	Húmero	Derecho	3	X
33.76	M	31-40	Húmero	Izquierdo	2	123,30
33.76	M	31-40	Radio	Derecho	2	136,60
33.76	M	31-40	Radio	Izquierdo	2	32,80
33.76	M	31-40	Cúbito	Derecho	2	24,60
33.76	M	31-40	Cúbito	Izquierdo	2	36,70
35.86	M	41-50	Húmero	Derecho	2	98,70
35.86	M	41-50	Húmero	Izquierdo	3	X
35.86	M	41-50	Radio	Derecho	2	32,70
35.86	M	41-50	Radio	Izquierdo	3	X
35.86	M	41-50	Cúbito	Derecho	2	35,90
35.86	M	41-50	Cúbito	Izquierdo	3	X
39.108	M	20-30	Húmero	Derecho	2	81,70
39.108	M	20-30	Húmero	Izquierdo	2	33,90
39.108	M	20-30	Radio	Derecho	2	26,55

Junio de 2017

39.108	M	20-30	Radio	Izquierdo	3	X
39.108	M	20-30	Cúbito	Derecho	2	9,15
39.108	M	20-30	Cúbito	Izquierdo	3	X

Referencia	Antroposcopia							Antropometría							Antropometria c										
	TMp	Tmp	TDp	TRp	Olp	TCp	CSp	TMm	Tmm	CBm	TRLm	OLm	CSm	TMm c	Tmm c	CBm c	TRLm c	OLm c	CSm c						
2.16	2	1	3					6,36	4,62	3,51				3	2	2									
2.16	2	1	2					6,22	4,36	3,54				3	2	2									
2.16			1								3,59								2						
2.16			1								3,40								2						
2.16				0	X	0						0,25	1,63							1	1				
2.16				0	1	0						0,24	1,62							1	1				
3.24	1	2	0					5,32	6,99	4,79				3	3	2									
3.24	X	X	X					X	X	X															
3.24			0								3,40								2						
3.24			X								X														
3.24				X	0	0						X	1,75								1				
3.24				0	0	1						0,77	2,58							1	1				
4.147	X	X	X					X	X	X															
4.147	X	X	1					X	X	X															
4.147			2								4,00								2						
4.147			2								5,52								3						
4.147				X	X	X						X	X												
4.147				X	1	X						X	X												
5.125	1	0	0					6,66	4,93	3,66					3	2	2								
5.125	X	X	1					X	X	X															
5.125			2								5,84								3						
5.125			2								6,34								3						
5.125				1	2	1						1,14	2,90												
5.125				1	2	1						0,60	2,04												
6.168	2	3	2					6,06	7,93	3,75					3	3	2								
6.168	X	X	X					X	X	X															
6.168			1								4,11								2						
6.168			X								X														
6.168				2	1	2						1,2	4,9							1	2				
6.168				2	1	2						1,24	3,57							1	2				
7.172	1	1	1					5,86	4,47	3,16					3	2	2								
7.172	X	X	X					X	X	X															
7.172			1								3,70								2						
7.172			1								2,90								2						
7.172				0	1	2						0,30	4,82							1	2				
7.172				2	2	2						1,70	4,36							1	2				

Junio de 2017

8.70	X	X	2				X	X	X																
8.70	X	X	2				X	X	X																
8.70			2							5.42										3					
8.70			X							X															
8.70				1	2	2						0,80	5.01								1	3			
8.70				1	2	2					0,98	4.02									1	2			
10.2	2	0	X				6,00	3,90	3,50						3	2	2								
10.2	X	X	X				X	X	X																
10.2			X							X															
10.2			1							X															
10.2				X	2	0						X	2.09									1			
10.2				0	2	1					0,23	2,92									1	1			
11.3	3	2	2				8,05	7,32	5,86						3	3	3								
11.3	X	X	X				X	X	X																
11.3			3							5.77										3					
11.3			3							6.00										3					
11.3				1	1	2					0.65	4,15									1	2			
11.3				2	1	2					0.81	3,82									1	2			
16.27	X	X	1				X	X	X																
16.27	X	X	1				X	X	X																
16.27			2							4,52										2					
16.27			2							5,47										3					
16.27				X	1	1					X	3,41										2			
16.27				X	X	X					X	X													
18.31	X	X	X				X	X	X																
18.31	X	X	X				X	X	X																
18.31			1							4.22										2					
18.31			X							X															
18.31				X	1	2					X	4,59										2			
18.31				2	1	2					1,92	5,88									1	3			
19.37	X	X	2				X	X	X																
19.37	X	X	2				X	X	X																
19.37			0							2.93										1					
19.37			X							X															
19.37				X	X	X					X	X													
19.37				2	2	2					0,84	4,29									1	2			
21.42	X	X	3				X	X	X																
21.42	X	X	2				X	X	X																
21.42			3							7.05										3					
21.42			X							X															
21.42				3	3	2					1,94	4,36									1	2			
21.42				X	X	X					X	X													
22.38	3	2	3				9,56	7,07	5,78						3	3	3								
22.38	X	X	2				X	X	X																
22.38			2							3,62										2					

Junio de 2017

22.38				2						5,77						3			
22.38					X	3	3				X	8,11						3	
22.38					1	2	3				0,78	9,05					1	3	
25.47	X	X	2					X	X	X									
25.47	X	X	2					X	X	X									
25.47			2								5,10						3		
25.47			2								4,75						2		
25.47				X	1	1						X	3,21					2	
25.47				1	1	1					0,71	2,14					1	1	
26.55	3	3	X					9,30	10,46	8,07					3	3	3		
26.55	X	X	X					X	X	X									
26.55			2								4,51						2		
26.55			X								X								
26.55				X	X	X						X	X						
26.55				X	X	X						X	X						
26.58	X	X	X					X	X	X									
26.58	X	X	2					X	X	X									
26.58			2								5,48						3		
26.58			X								X								
26.58				2	2	3						X	6,20					3	
26.58				X	X	X						X	X						
28.66	X	X	X					X	X	X									
28.66	X	X	X					X	X	X									
28.66			2								X								
28.66			2								5,90						3		
28.66				0	1	X					0,32	X						1	
28.66				X	1	X						X	X						
30.75	X	X	1					X	X	X									
30.75	X	X	1					X	X	X									
30.75			1								4,37						2		
30.75			1								3,84						2		
30.75				X	1	X						X	X						
30.75				1	1	1					0,47	2,82						1	1
33.76	X	X	X					X	X	X									
33.76	3	2	1					9,00	7,40	6,26					3	3	3		
33.76			1								3,70						2		
33.76			X								X								
33.76				X	2	2						X	3,74					2	
33.76					3	2					2,29	4,67						1	2
35.86	1	2	2					X	X	X									
35.86	X	X	X					X	X	X									
35.86			1								3,80						2		
35.86			X								X								
35.86				X	2	1						X	X						
35.86				X	X	X					X	X							

Junio de 2017

39.108	2	1	1				7,03	6,48	6,70				3	3	3			
39.108	X	X	X				X	X	X									
39.108				3						2.9								
39.108				X						X								
39.108					2	2	1					0,81	3.71				1	2
39.108					X	X	X				X	X						

Tabla 12