

**EVALUACIÓN DEL DIMORFISMO SEXUAL EN FÉMURES DE UNA MUESTRA
DE RESTOS ÓSEOS PROCEDENTES DE LA COLECCIÓN OSTEOLÓGICA DE
REFERENCIA DE LA UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA**

LUIS ALFREDO GIRALDO GIRALDO

Trabajo de grado para optar al título de Antropólogo

Asesoras

Juliana Isaza Peláez

Natalia Andrea Restrepo Hernández

Antropólogas

Universidad de Antioquia

Facultad de Ciencias Sociales y Humanas

Departamento de Antropología

Medellín

2016

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo está dedicado a mi familia, en especial a mis padres, Faber y Carmen, quienes siempre me apoyaron incondicionalmente y me animaron a continuar con mis estudios universitarios. Muchas gracias papás por creer en mí, sin ustedes este logro no hubiera sido posible. Los quiero mucho.

A mis asesoras, Juliana Isaza y Natalia Restrepo, les doy mis más sinceros agradecimientos por su tiempo y dedicación para brindarme sus asesorías y compartir conmigo sus conocimientos, experiencias y por ser mi guía durante todo este proceso que apenas empieza. Gracias por su paciencia, sus consejos y conocimientos aportados durante esta fase de mi formación académica.

Agradezco también a Timisay Monsalve, directora del Grupo de Investigación de Estudios Biosociales del Cuerpo (GIEBSCUERPO), por su colaboración y apoyo a la realización de este trabajo y el visto bueno dado para la utilización de la muestra de restos óseos de la colección osteológica de referencia.

Por último quiero dar las gracias a Cecilia, Paula y Katy, integrantes del Semillero Taller de Investigación en Antropología Osteológica (TAINANOS), por su constante apoyo y atención durante la fase de trabajo de campo llevada a cabo en el laboratorio de Antropología Osteológica y Forense.

A todos mil gracias.

Luis Alfredo Giraldo

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	12
2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS	14
2.1. JUSTIFICACIÓN	14
2.2. OBJETIVOS	16
2.2.1. Objetivo general	16
2.2.2. Objetivos específicos	16
3. MARCO TEÓRICO	17
3.1. LA OSTEOLÓGÍA COMO DISCIPLINA DE LA ANTROPOLOGÍA FÍSICA	17
3.1.1. Características generales de los huesos humanos	19
3.1.1.1. Estructura del tejido óseo.....	20
3.1.1.2. Tipos de hueso según su estructura	20
3.1.1.3. Tipos de huesos según su forma.....	21
3.1.1.4. Estructura molecular del hueso.....	22
3.1.1.5. Células óseas.....	23
3.1.1.6. Función del hueso	23
3.1.2. Variación en la anatomía esquelética humana	23
3.2. CAMPO DE ACCIÓN DE LA OSTEOLÓGÍA	24
3.2.1. Especialidades de la Osteología	25
3.2.1.1. Antropología Dental	26
3.2.1.2. Craneología	26
3.2.1.3. Antropología Osteológica	26
3.2.1.4. Paleopatología	27
3.2.1.5. Antropología Forense	27
3.2.2. Estudio antropológico de restos óseos	28
3.2.2.1. Estimación de la edad	28
3.2.2.2. Filiación poblacional.....	28
3.2.2.3. Reconstrucción de la estatura	29
3.2.2.4. Diagnóstico del sexo	29

3.3. DIMORFISMO SEXUAL	30
3.3.1. Factores que inciden en la expresión del dimorfismo sexual	31
3.3.1.1. Factores intrínsecos.....	31
3.3.1.2. Factores extrínsecos.....	31
3.3.1.2.1. Actividad física.....	32
3.3.1.2.2. Nutrición.....	32
3.3.1.2.3. Fuerzas biomecánicas.....	33
3.3.2. Estudio del dimorfismo sexual en el esqueleto	33
3.3.2.1. Métodos para diagnosticar el sexo.....	34
3.3.2.1.1. Valoración del sexo o método morfoscópico	34
3.3.2.1.2. Estimación del sexo o método morfométrico	37
3.3.3. Dimorfismo sexual en fémur	39
3.3.3.1. Características generales del fémur.....	39
3.3.3.2. Diferencias sexuales en el fémur.....	43
3.4. ESTIMACIÓN DEL SEXO EN FÉMUR POR MÉTODO MORFOMÉTRICO	44
4. MATERIALES Y MÉTODOS	53
4.1. MUESTRA	53
4.1.1. Población de referencia.....	53
4.1.2. Obtención y selección de la muestra	54
4.1.3. Criterios de inclusión y exclusión	54
4.2. MÉTODO	55
4.2.1. Estimación del sexo	55
4.2.1.1. Variables	55
4.2.1.2. Técnica de medición	57
4.2.1.3. Funciones discriminantes.....	57
4.2.2. Estimación de la edad.....	58
4.2.3. Registro de datos y análisis estadístico.....	60
4.3. CRONOGRAMA	61
5. RESULTADOS	62
5.1. PRUEBA DE ERROR INTRA OBSERVADOR	62

5.2. CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA	64
5.2.1. Distribución de frecuencias por sexo	64
5.2.1.1. Distribución de frecuencias por sexo documentado	64
5.2.1.2. Distribución de frecuencias por sexo estimado	66
5.2.1.2.1. Función 1	66
5.2.1.2.2. Función 2	68
5.2.1.2.3. Función 3	70
5.2.1.2.4. Función 4	72
5.2.1.2.5. Función 5	74
5.2.2. Distribución de frecuencias por edad	77
5.2.3. Distribución de frecuencias por edad y sexo	78
5.2.4. Clasificación de las funciones discriminantes por edad	79
5.3. ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS	83
5.3.1. Diámetro vertical de la cabeza	83
5.3.2. Diámetro horizontal de la cabeza	84
5.3.3. Anchura epicondilar	85
6. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	87
7. CONCLUSIONES	90
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	92
9. ANEXOS	99

LISTA DE IMÁGENES

Imagen 3.1. Esqueleto humano (modificado de White <i>et al.</i> , 2012).....	19
Imagen 3.2. Hueso compacto mostrando numerosos sistemas y canales de Havers, a través de los cuales circulan vasos sanguíneos. Vista en aumento x110 (tomado de Genesser, 1998).....	21
Imagen 3.3. Estructura de un hueso largo. Fémur inmaduro (modificado de Bass, 2005).....	22
Imagen 3.4. Campos de acción de la Osteología (tomado de White <i>et al.</i> , 2012).	25
Imagen 3.5. Dimorfismo sexual en el esqueleto humano. Hombre a la derecha. Mujer a la izquierda (tomado de Campillo y Subirà, 2004).....	30
Imagen 3.6. Dimorfismo sexual en la pelvis humana. A) pelvis femenina, que permite apreciar el predominio de su anchura sobre su altura y ángulo subpúbico amplio. B) Pelvis masculina, más alta y con el ángulo subpúbico más cerrado (modificado de Campillo y Subirà, 2004).....	34
Imagen 3.7. Características sexuales de los coxales masculino y femenino. La escotadura ciática mayor es más estrecha en el hombre y más ancha en la mujer. A su vez, el surco preauricular está presente en el coxal femenino y ausente en el masculino (tomado de Burns, 2008).....	35
Imagen 3.8. Sistema para evaluar el dimorfismo sexual en el cráneo de 1 a 5, siendo 1 muy femenino y 5 muy masculino (modificado de Buikstra y Ubelaker, 1994, tomado de Rodríguez, 2004).....	36
Imagen 3.9. Medidas del fémur. AB= Longitud máxima, CD= Longitud fisiológica, EF= Diámetro vertical de la cabeza, WX= Diámetro subtrocantérico transversal, YZ= Diámetro subtrocantérico anteroposterior, MN= Diámetro medio lateral a mitad de la diáfisis, ST= Diámetro anteroposterior a mitad de la diáfisis (modificado de Bass, 2005).	38

Imagen 3.10. Fémur izquierdo. Vistas anterior y posterior (tomado de Burns, 2008).	40
Imagen 3.11. Diferencias morfológicas entre las cabezas del fémur y húmero (Bass, 2005).....	41
Imagen 3.12. Centros de osificación de fémur juvenil (tomado de Burns, 2008).	42
Imagen 3.13. Ángulo femorotibial o “Ángulo Q” (Burns, 2008).	43
Imagen 4.1. Diámetro vertical de la cabeza (Foto cortesía del Laboratorio de Antropología Osteológica y Forense de la Universidad de Antioquia).....	56
Imagen 4.2. Diámetro horizontal de la cabeza (Foto cortesía del Laboratorio de Antropología Osteológica y Forense de la Universidad de Antioquia).....	56
Imagen 4.3. Anchura epicondilar (Foto cortesía del Laboratorio de Antropología Osteológica y Forense de la Universidad de Antioquia).....	57
Imagen 4.4. Fases etarias de la sínfisis púbica según Brooks y Suchey (1990) (tomado de Bass, 2005).	59
Imagen 4.5. Fases etarias de la carilla auricular del ilion propuestas por Lovejoy <i>et</i> <i>al.</i> (1985) (tomado de White <i>et al.</i> , 2012).	59

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 4.1. Distribución por edad y sexo de la población de Medellín (Fuente: Convenio Interadministrativo DANE-municipio de Medellín, 2010).	53
Gráfico 5.1. Frecuencia por sexo documentado.....	65
Gráfico 5.2. Frecuencia por sexo estimado. Función 1.	68
Gráfico 5.3. Frecuencia por sexo estimado. Función 2.	70
Gráfico 5.4. Frecuencia por sexo estimado. Función 3.	72
Gráfico 5.5. Frecuencia por sexo estimado. Función 4.	74
Gráfico 5.6. Frecuencia por sexo estimado. Función 5.	76
Gráfico 5.7. Composición de la muestra total por rangos de edad.....	78
Gráfico 5.8. Distribución de frecuencias de la edad por sexo.....	79
Gráfico 5.9. Clasificación del sexo de la función 1 por grupos de edad.	80
Gráfico 5.10. Clasificación del sexo de la función 2 por grupos de edad.	81
Gráfico 5.11. Clasificación del sexo de la función 4 por grupos de edad.	82
Gráfico 5.12. Caracterización del diámetro vertical de la cabeza.....	84
Gráfico 5.13. Caracterización del diámetro horizontal de la cabeza.....	85
Gráfico 5.14. Caracterización de la anchura epicondilar.	86

LISTA DE TABLAS

Tabla 3.1. Estimación del sexo a partir de cuatro variables métricas del fémur, según Pearson (1917).....	45
Tabla 3.2. Valores obtenidos para la anchura epicondilar (Alumni-Perret <i>et al.</i> , 2008).....	46
Tabla 3.3. Coeficientes y puntos de corte de las funciones del fémur, basado en una sola variable (Trancho <i>et al.</i> , 1997).....	46
Tabla 3.4. Coeficientes y puntos de corte de las funciones del fémur, basado en dos variables (Trancho <i>et al.</i> , 1997).....	47
Tabla 3.5. Porcentaje de precisión de las funciones discriminantes (Trancho <i>et al.</i> , 1997).....	47
Tabla 3.6. Precisión al estimar el sexo de las funciones discriminantes (Šlaus <i>et al.</i> , 2003).....	48
Tabla 3.7. Porcentaje de estimación correcta del sexo (Ríos Frutos, 2003).....	48
Tabla 3.8. Funciones discriminantes con coeficientes y puntos de corte (Steyn e Işcan, 1997).....	49
Tabla 3.9. Porcentaje de precisión de las funciones discriminantes (Steyn e Işcan, 1997).....	50
Tabla 3.10. Funciones discriminantes con coeficientes y puntos de corte (Işcan y Shihai, 1995).....	51
Tabla 3.11. Porcentaje de precisión de las funciones discriminantes (Işcan y Shihai, 1995).....	51

Tabla 4.1. Coeficientes y puntos de corte de las funciones del fémur, basado en una sola variable (Trancho <i>et al.</i> , 1997).....	58
Tabla 4.2. Coeficientes y puntos de corte de las funciones del fémur, basado en dos variables (Trancho <i>et al.</i> , 1997).....	58
Tabla 4.3. Porcentaje de precisión de las funciones discriminantes (Trancho <i>et al.</i> , 1997).....	58
Tabla 4.4. Operacionalización de las variables de estudio.	60
Tabla 4.5. Cronograma de actividades.	61
Tabla 5.1. Escala para el CCI (Fleiss, 1981).....	62
Tabla 5.2. CCI para el diámetro vertical de la cabeza.	62
Tabla 5.3. CCI para el diámetro horizontal de la cabeza.	63
Tabla 5.4. CCI para la anchura epicondilar.....	63
Tabla 5.5. Lista de individuos por sexo documentado.	65
Tabla 5.6. Distribución de frecuencias por sexo documentado.....	65
Tabla 5.7. Resultados de la aplicación de la Función 1.	67
Tabla 5.8. Distribución de frecuencias por sexo estimado a través de la función 1 (Diámetro vertical de la cabeza).....	67
Tabla 5.9. Resultados de la aplicación de la Función 2.	69
Tabla 5.10. Distribución de frecuencias por sexo estimado a través de la función 2 (Diámetro horizontal de la cabeza).....	69
Tabla 5.11. Resultados de la aplicación de la Función 3.	71

Tabla 5.12. Distribución de frecuencias por sexo estimado a través de la Función 3 (Anchura epicondilar).	71
Tabla 5.13. Resultados de la aplicación de la Función 4.	73
Tabla 5.14. Distribución de frecuencias por sexo estimado a través de la Función 4 (DVCAB y ANCHEPI).	73
Tabla 5.15. Resultados de la aplicación de la Función 5.	75
Tabla 5.16. Distribución de frecuencias por sexo estimado a través de la Función 5 (DHCAB y ANCHEPI).	75
Tabla 5.17. Porcentaje de clasificación correcta de las funciones discriminantes.	76
Tabla 5.18. Distribución de frecuencias por rangos de edad.	77
Tabla 5.19. Distribución de frecuencias por edad y sexo.	78
Tabla 5.20. Clasificación del sexo para la función 1 por grupos de edad.	80
Tabla 5.21. Clasificación del sexo para la función 2 por grupos de edad.	81
Tabla 5.22. Clasificación del sexo para la función 4 por grupos de edad.	82
Tabla 5.23. Estadísticos descriptivos del diámetro vertical de la cabeza por sexo.	83
Tabla 5.24. Estadísticos descriptivos del diámetro horizontal de la cabeza por sexo.	85
Tabla 5.25. Estadísticos descriptivos de la anchura epicondilar por sexo.	86

1. INTRODUCCIÓN

El presente estudio busca evaluar el dimorfismo sexual en fémures de una muestra de individuos adultos pertenecientes a la colección de referencia osteológica de la Universidad de Antioquia. Para ello, se llevó a cabo una caracterización morfométrica a partir de la medición de tres dimensiones óseas del fémur: diámetro vertical de la cabeza, diámetro horizontal de la cabeza y anchura epicondilar, con el fin de identificar diferencias a nivel cuantitativo entre hombres y mujeres para estas tres variables métricas. Seguidamente, se estimó el sexo de los individuos de la muestra empleando el método desarrollado por Gonzalo Trancho y colaboradores (1997), quienes a partir de una serie de mediciones realizadas en fémures de una muestra de individuos esqueletizados de población española, obtuvieron un conjunto de funciones discriminantes que permitieron desarrollar un nuevo método de estimación para el sexo.

Los huesos humanos conservan valiosa información sobre la vida de un individuo después de su muerte y su estudio ha hecho posible identificar diferencias en la anatomía esquelética humana a nivel individual —diferencias en edad, sexo, etc.— incluso entre poblaciones —grupos raciales— a través del análisis de la morfología ósea. Dentro de la información que puede obtenerse a partir del análisis de restos óseos, el diagnóstico del sexo constituye uno de los pilares fundamentales, tanto para conocer la demografía de poblaciones humanas del pasado en estudios arqueológicos, como en la elaboración del perfil biológico de individuos esqueletizados durante el proceso de identificación de personas en casos forenses. El diagnóstico del sexo se lleva a cabo principalmente a través del análisis visual de caracteres morfológicos en piezas óseas diagnósticas, como el cráneo y la pelvis, que exhiben diferencias físicas observables entre hombres y mujeres, lo que se conoce como dimorfismo sexual.

Sin embargo, estos huesos no siempre se encuentran presentes en contextos recientes o arqueológicos. Por esta razón, los estudios de estimación del sexo por método morfométrico, que parten de mediciones realizadas en otros huesos del esqueleto postcraneal, con el fin de obtener funciones discriminantes a través del análisis estadístico, han sido de gran utilidad en aquellos casos en que los huesos craneales o de la cintura pélvica no se encuentran disponibles o se hallan en muy

mal estado de conservación. Entre los huesos del esqueleto postcraneal, el fémur ha sido uno de los más estudiados, ya que al ser el hueso más grande del esqueleto humano tiende a preservarse mejor y permite obtener información relativa a la edad, sexo, estatura y filiación poblacional de individuos esqueletizados, de gran utilidad en investigaciones forenses y estudios arqueológicos.

Son abundantes los trabajos realizados alrededor del mundo que emplean este hueso para estimar el sexo, ya que presenta un marcado grado de dimorfismo sexual en muchas de sus dimensiones óseas, tanto a nivel cualitativo como cuantitativo. A nivel cualitativo, el fémur presenta diferencias sexuales significativas sobre todo en lo que se refiere al tamaño y robustez; y a nivel cuantitativo, diversos caracteres métricos muestran en promedio valores mayores en hombres que en mujeres.

El presente trabajo resaltaré, en primer lugar, la importancia de la Osteología como subdisciplina de la Antropología Física, mencionando sus aportes al conocimiento de la variación biológica de los seres humanos, sus campos de acción y los tipos de estudios que derivan del análisis de restos óseos humanos, entre éstos el diagnóstico del sexo. A continuación, se desarrollará el concepto de dimorfismo sexual, definido como las diferencias físicas observables entre machos y hembras de una especie, así como los factores internos y externos que inciden en el proceso de diferenciación sexual y los métodos utilizados en Osteología y por extensión en Antropología Física, para estimar el sexo a partir de distintas piezas óseas, especialmente en fémur, hueso que se usará en el presente estudio. Finalmente, se dará cuenta del análisis estadístico, los resultados y las conclusiones, luego de realizar la caracterización morfométrica y estimación del sexo de los individuos empleando el método de Trancho *et al.* (1997).

2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

2.1. JUSTIFICACIÓN

Colombia ha vivido desde mediados del siglo XX un largo proceso de violencia generalizada en la que intervienen distintos actores armados, tanto estatales como paraestatales e insurgentes. Es considerado en la actualidad como uno de los países más violentos del mundo, a juzgar por la tasa de 60 homicidios por cada cien mil habitantes que posee en promedio. Las cifras son espeluznantes para tratarse de un país que aparentemente no se encuentra en guerra declarada (Rodríguez, 2004: 21). Acciones armadas como masacres y desapariciones forzadas han dejado una gran cantidad de muertos y desaparecidos. Como efecto de lo anterior, a los cadáveres sin identificar —NN— es necesario restablecerles su identidad (Isaza y Monsalve, 2011: 291).

La Antropología Forense, definida como la *“rama de la Antropología Física que con fines forenses trata de la identificación de restos más o menos esqueletizados, humanos o de posible pertenencia humana”* (Stewart, 1979, citado por Rodríguez, 2004: 14) ha sido de gran ayuda en el proceso de identificación humana en un contexto socio-político como el nuestro. La identificación de restos óseos de personas desaparecidas ha recibido un fuerte impulso desde los años 50 del siglo XX, gracias al desarrollo de estándares para la estimación del sexo, edad, filiación poblacional, estatura, caracteres individualizantes y reconstrucción facial (Ibíd.: 13). La determinación o diagnóstico del sexo constituye uno de los pasos más importantes que dan los antropólogos forenses en el proceso de identificación de restos óseos humanos (Bidmos *et al.*, 2005: 69).

Aunque el análisis visual de los caracteres morfológicos de los huesos del cráneo y la pelvis ha sido durante mucho tiempo la fuente principal de datos a la hora de determinar el sexo de un individuo esqueletizado, estos huesos tienden a ser muy frágiles y por ende no siempre se conservan. Por esta razón, los métodos métricos, que utilizan otras piezas óseas para estimar sexo, se convierten en una alternativa, ya que involucran menor subjetividad, logran un diagnóstico final basado en criterios estadísticos y hacen uso del análisis discriminante, el cual se está convirtiendo en uno de los procedimientos estadísticos más comunes, ya que es

un método relativamente simple de aplicar (Rosique *et al.*, 2004: 51). Estos métodos parten de mediciones realizadas en los huesos del esqueleto con el fin de obtener funciones discriminantes a través del análisis estadístico. Para cada población debe existir una serie de funciones discriminantes específicas; de no contarse con éstas se podrían usar funciones discriminantes de otra población sólo si ambas tienen características biológicas similares (*Ibíd.*).

Debido a que en Colombia son pocos los estudios realizados sobre estimación métrica del sexo en huesos postcraneales, y no se cuenta con funciones discriminantes aplicables a nuestra población, se procede a emplear métodos de estimación del sexo con funciones discriminantes provenientes de otras poblaciones. En este estudio, se usarán funciones discriminantes obtenidas a partir del análisis realizado en fémures de una muestra de población española desarrollado por Trancho *et al.* (1997). Se ha elegido este método teniendo en cuenta que la población colombiana posee cierta afinidad biológica con esa población, producto de la colonización española de nuestro país durante la época de la Conquista de América. Es importante llamar la atención sobre la falta de métodos métricos para estimar el sexo, producidos a partir de estudios de dimorfismo sexual propios de población colombiana.

La medición de los huesos ha sido históricamente el método de estudio principal en Antropología Física. Utilizada como método de documentación de hallazgos, facilita la descripción de los individuos, así como la comparación de grupos. Esto nos va a permitir, en la práctica de la Antropología Física y Forense, la estimación de diversos rasgos individuales, sobre todo la talla, el sexo y el origen ancestral (Alemán *et al.*, 2013: 35). En el presente trabajo se realizarán mediciones en las epífisis proximal y distal de fémures de una muestra de individuos adultos provenientes de la colección osteológica de referencia del Laboratorio de Antropología Osteológica y Forense de la Universidad de Antioquia, con el fin de evaluar cuantitativamente, mediante una caracterización morfométrica, las diferencias sexuales en tres variables métricas de los fémures de los individuos que conforman esta muestra.

La elección del fémur se justifica por ser uno de los huesos que mejor se conservan en contextos forenses y arqueológicos. El fémur presenta un marcado grado de dimorfismo sexual y es, entre los huesos largos, uno de los más

dimórficos puesto que soporta las cargas propias de la masa corporal durante la locomoción bípeda, así como las propias de otras actividades físicas (Jiménez, 2009: 471). Se han elegido las epífisis proximal y distal del fémur como zonas en las cuales se tomarán las medidas, teniendo en cuenta que los resultados de diversos estudios han demostrado que la anchura de las epífisis diferencian mejor los sexos que otras dimensiones óseas, como el largo del hueso (Šlaus *et al.*, 2003).

2.2. OBJETIVOS

2.2.1. Objetivo general

Evaluar el dimorfismo sexual en fémures de una muestra de individuos esqueletizados adultos a través de la caracterización morfométrica de tres dimensiones óseas y mediante el uso de funciones discriminantes desarrolladas por el método de Trancho *et al.* (1997) para estimar el sexo.

2.2.2. Objetivos específicos

- Proporcionar estadísticos descriptivos que permitan caracterizar morfométricamente los fémures de la muestra de estudio, con el fin de identificar diferencias sexuales a nivel cuantitativo entre hombres y mujeres para las tres variables métricas mencionadas.
- Realizar una revisión bibliográfica de trabajos que contengan información sobre estimación del sexo por método morfométrico en fémur.
- Efectuar mediciones sobre 3 dimensiones óseas del fémur: diámetro vertical de la cabeza, diámetro horizontal de la cabeza y anchura epicondilar, siguiendo las recomendaciones de Trancho *et al.* (1997).
- Estimar el sexo en la muestra de fémures de individuos adultos mediante el uso de las funciones discriminantes desarrolladas por el método de Trancho *et al.* (1997).

3. MARCO TEÓRICO

3.1. LA OSTEOLÓGÍA COMO DISCIPLINA DE LA ANTROPOLOGÍA FÍSICA

La Antropología Física es definida como la ciencia encargada del estudio de la variabilidad biológica y el proceso evolutivo de la especie humana. Desde sus orígenes, nace como una disciplina basada en el desarrollo de técnicas que describen las diferencias y semejanzas entre los distintos grupos humanos (Peña, 1982: 65), abarcando una amplia variedad de temas como Genética, Demografía, Biología Humana y en general, las interacciones entre factores ambientales y genéticos en la evolución y variación humana (Tomás Cardoso, 2013: 71). Teniendo en cuenta que el objeto de estudio de la Antropología Física es muy amplio, ésta se divide en un conjunto de disciplinas o áreas temáticas que abordan dos grandes campos de estudio: la diversidad biológica y la evolución de los seres humanos en sus múltiples aspectos.

La evolución humana ha sido estudiada por diversas disciplinas, especialmente la Paleoantropología, la Primatología y la Antropología Molecular o genética, particularmente a través de lo que revela el registro fósil. El objetivo principal es identificar las diferentes especies de homínidos antiguos para establecer una secuencia cronológica entre ellos e indagar por el origen y evolución del linaje humano (Jurmain *et al.*, 2009: 8). Por otro lado, los avances en genética han abierto la posibilidad de prospectar en forma directa los linajes mitocondriales presentes en poblaciones humanas antiguas con el fin de evaluar patrones de residencia, migración, evolución y relaciones genéticas, tanto entre sí como con los grupos humanos contemporáneos, en lo que se ha dado a llamar Antropología Molecular (Moraga, 2001: 720).

El otro campo de investigación de la Antropología Física, la diversidad biológica humana, es abordado por disciplinas como la Somatología y la Osteología, que estudian la anatomía humana desde un enfoque biocultural, según el cual el medio ambiente físico y la cultura tienen efecto directo sobre la biología humana (DiGangi y Moore, 2012: 6). Aunque ambas áreas buscan identificar y analizar las diferentes características morfológicas que definen a las distintas poblaciones

humanas, su principal diferencia radica en que la Somatología obtiene sus datos a partir de individuos vivos, mientras que la Osteología los obtiene de individuos esqueletizados. La Somatología, es la ciencia que estudia la estructura y variación del cuerpo humano, en especial aspectos como: caracteres descriptivos o rasgos somáticos —color de piel, cabello, forma de la nariz, ojos, labios, entre otros—, estudio de grupos sanguíneos y mediciones de segmentos corporales a través de la técnica de la Antropometría (Comas, 1966).

La Osteología, definida como la ciencia que explora el desarrollo, estructura, función, y variación de los huesos humanos (Burns, 2008: 35), ha sido durante mucho tiempo una de las disciplinas más importantes de la Antropología Física, jugando un papel crucial en su desarrollo. Es tanta su importancia que cuando las personas piensan en Antropología Física, lo primero que se les viene a la mente son huesos (Jurmain *et al.*, 2009: 10). Teniendo en cuenta que los huesos constituyen el tejido más resistente y duradero del cuerpo humano son, la mayoría de las veces, la única evidencia que queda de la existencia de un ser humano. Conservan valiosa información acerca de las características físicas de un individuo —edad, sexo, filiación poblacional y estatura—, el lugar que ocupaba ese individuo dentro de su grupo social —estatus social, ocupación, etc.— y aspectos relacionados con su estilo de vida —dieta, enfermedades, entre otros— (DiGangi y Moore, 2012: 5).

Si bien todas las áreas o disciplinas de la Antropología Física han acaparado la atención de los investigadores interesados en esta rama del saber antropológico, sin duda la Osteología ocupa un lugar destacado. Aunque disciplinas como la somatología tuvieron su apogeo durante la primera mitad del siglo XX —período durante el cual la Antropología Física tuvo un carácter básicamente clasificatorio y descriptivo—, el área “más trabajada” durante gran parte de la historia de la Antropología Física ha sido la Osteología (Villanueva *et al.*, 1999: 142). Por lo tanto, la información obtenida a partir del análisis de la anatomía ósea permite caracterizar la variabilidad biológica humana, tanto a nivel individual como poblacional. A continuación, se describen algunas de sus principales características.

3.1.1. Características generales de los huesos humanos

El estudio de los huesos humanos incluye aspectos importantes como su evolución, estructura, función, crecimiento y desarrollo y cómo éstos se ven afectados por el medio ambiente (DiGangi y Moore, 2012: 4). El esqueleto humano está formado por un total de 206 huesos en un individuo adulto; este número se incrementa en individuos subadultos debido a que sus huesos se encuentran divididos en distintos centros primarios y secundarios de osificación que aún no se han fusionado.

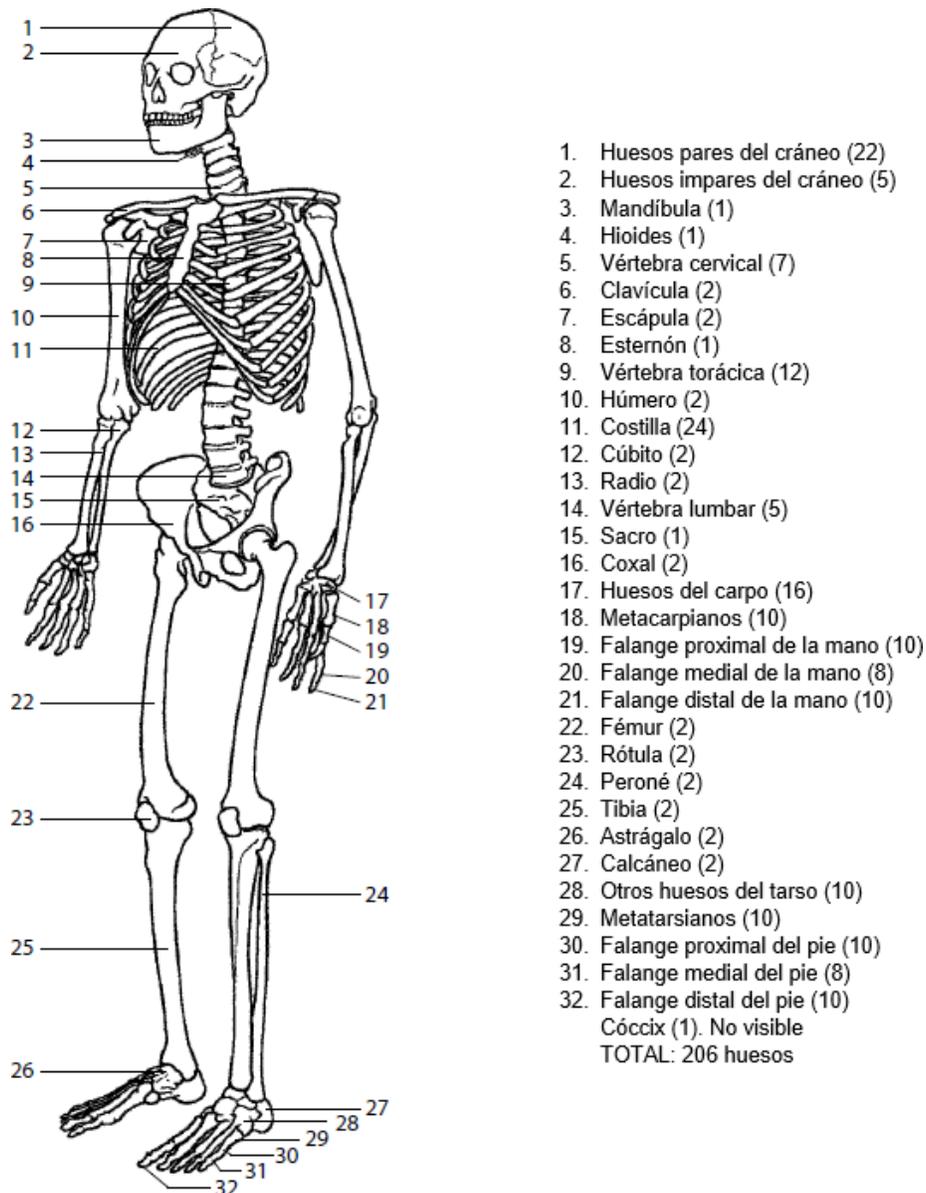


Imagen 3.1. Esqueleto humano (modificado de White *et al.*, 2012).

El esqueleto humano se encuentra dividido a su vez en dos partes: esqueleto axial y apendicular. El esqueleto axial está compuesto por los huesos del tronco, que incluyen las vértebras, el sacro, las costillas y el esternón. El esqueleto apendicular corresponde a los huesos de las extremidades, las cinturas pélvica y escapular y los huesos de manos y pies (White *et al.*, 2012: 11). Los huesos humanos son además materiales muy resistentes, rígidos pero flexibles a la vez, de acuerdo a una serie de características propias del tejido óseo.

3.1.1.1. Estructura del tejido óseo

Después del tejido dentario, el tejido óseo es el más duro del organismo, debiendo su dureza al gran contenido de sales cálcicas en la denominada sustancia ósea. Esta estructura dura está recubierta por el periostio, tejido blando muy rico en vasos y nervios importantes para la irrigación sanguínea, que tienen una función plástica y nutricia sobre el hueso. El interior de la sustancia ósea está surcada por multitud de canalículos que constituyen una auténtica red denominada sistemas y conductos de Havers, circulando a través de éstos los vasos sanguíneos (Campillo y Subirà, 2004: 16).

3.1.1.2. Tipos de hueso según su estructura

El esqueleto adulto presenta a nivel estructural dos tipos básicos de hueso (Burns, 2008: 39):

1. Hueso compacto: se conoce también como *denso*, *laminar* o *cortical*. Consiste básicamente en osteonas laminares concéntricas, conocidas también como sistemas de Havers, y láminas intersticiales que aportan robustez y resistencia a la torsión. El hueso compacto forma la corteza ósea, la porción principal del cuerpo o tallo que rodea a la cavidad medular.
2. Hueso esponjoso: denominado también como *trabecular* o *reticular*, se caracteriza por presentar finas espículas óseas o trabéculas, que crean un entramado lleno de médula ósea o tejido conjuntivo embrionario.

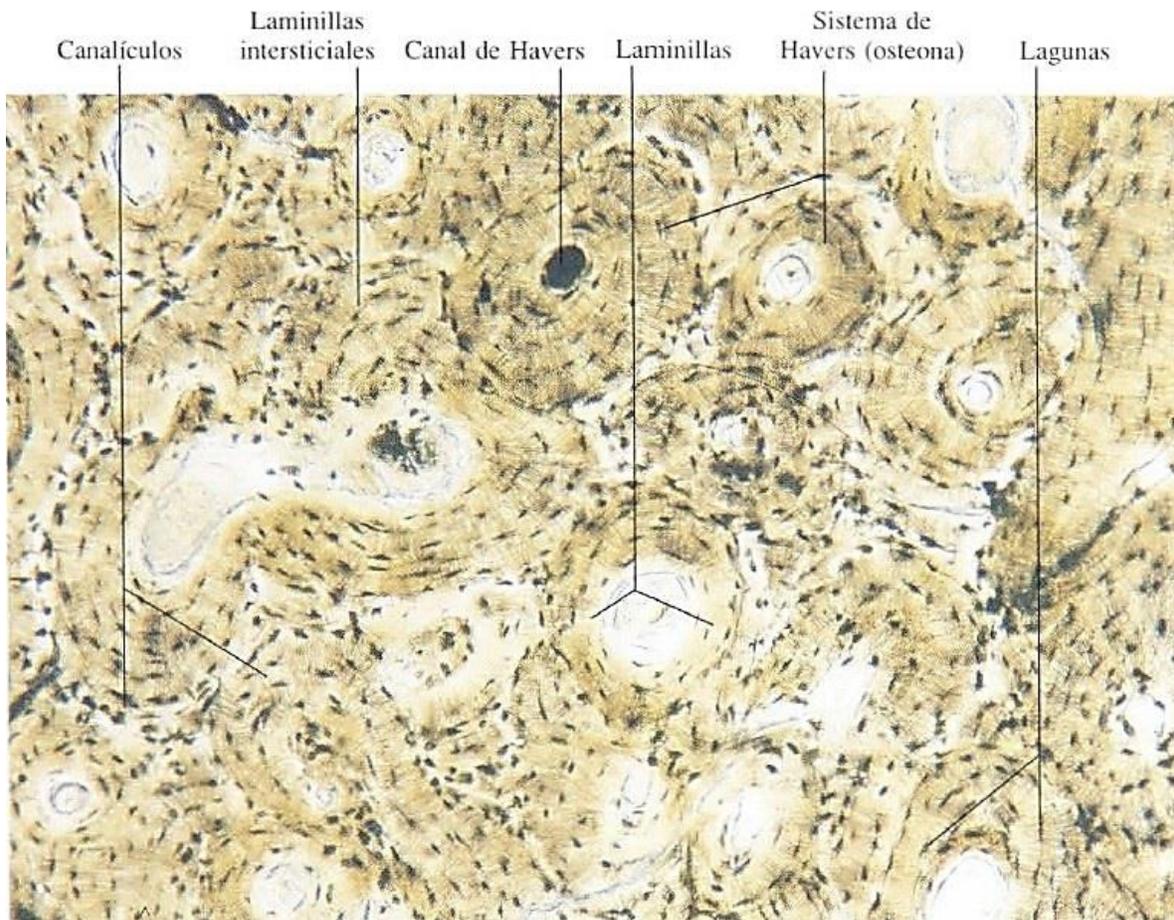


Imagen 3.2. Hueso compacto mostrando numerosos sistemas y canales de Havers, a través de los cuales circulan vasos sanguíneos. Vista en aumento x110 (tomado de Genesser, 1998).

3.1.1.3. Tipos de huesos según su forma

Según su morfología se distinguen tres clases de huesos (Campillo y Subirà, 2004: 18):

1. Huesos largos: son aquellos en cuyas dimensiones predomina la longitud y están situados en las extremidades.
2. Huesos planos: son poco gruesos y en sus dimensiones predominan la longitud y la anchura. Se encuentran en el cráneo, la escápula y la pelvis.
3. Huesos cortos: son aquellos en los que no existe un predominio franco de ninguna de sus dimensiones, como ocurre en las vértebras, los carpianos y los tarsianos.

Los huesos largos con frecuencia se describen de acuerdo a los centros de osificación que aparecen durante el proceso de crecimiento. Los extremos de los huesos largos se conocen como *epífisis*, que se desarrollan a partir de centros secundarios de osificación. El tallo o cuerpo se conoce como *diáfisis*, y proviene del centro primario de osificación. Los extremos de la diáfisis reciben el nombre de *metáfisis* (White *et al.*, 2012: 34). La diáfisis está formada por hueso compacto, mientras que las epífisis están formadas por tejido esponjoso o reticular (Campillo y Subirà, 2004: 18).

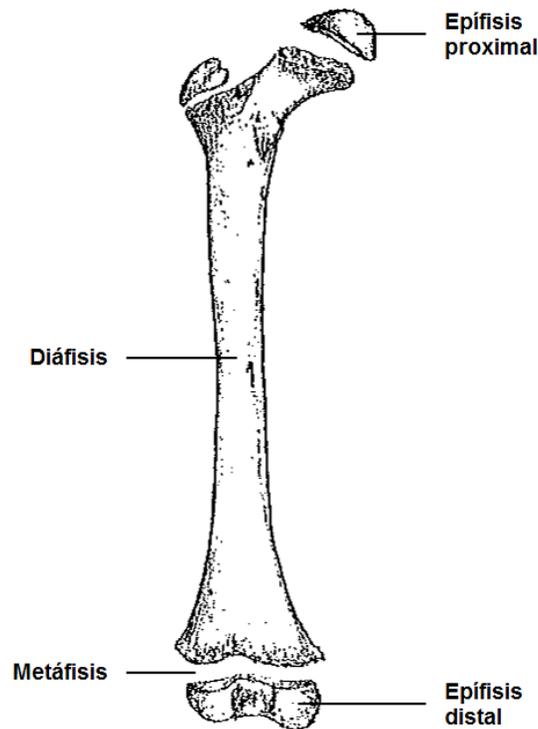


Imagen 3.3. Estructura de un hueso largo. Fémur inmaduro (modificado de Bass, 2005).

3.1.1.4. Estructura molecular del hueso

A nivel molecular, el hueso está compuesto por dos tipos de materiales (White *et al.*, 2012: 35):

1. Colágeno, que constituye cerca del 90% del contenido orgánico del hueso. Es la proteína más común en el cuerpo. Las moléculas de colágeno se entrelazan para formar fibras elásticas y flexibles en el hueso.
2. Hidroxiapatita: Relleno inorgánico y denso conformado principalmente por cristales de fosfato de calcio, que le da dureza y rigidez al tejido óseo.

3.1.1.5. Células óseas

Tres tipos básicos de células componen y mantienen al tejido óseo sano (Genesser, 1998: 41):

1. Osteoblastos: son las células encargadas de la formación del hueso. Se disponen en empalizada al lado del hueso que están formando.
2. Osteocitos: son células derivadas de los osteoblastos que están alojados en unas cavidades del hueso conocidas como lagunas óseas u osteoplasmas. Los osteocitos son células especializadas en la renovación de la matriz ósea y en el mantenimiento del intercambio del calcio.
3. Osteoclastos: son células óseas esféricas encargadas de la resorción del tejido óseo.

3.1.1.6. Función del hueso

La función primaria del hueso es la de dar soporte, pero también la de ofrecer protección, movimiento, formación de células sanguíneas y reserva de minerales. Los huesos del cráneo, la pelvis y la caja torácica por ejemplo, rodean y protegen a los órganos vulnerables como el cerebro y el corazón (Burns, 2008: 40). Podemos decir entonces que el hueso desempeña dos funciones básicas: una función fisiológica relacionada con el control del metabolismo de minerales como calcio, fósforo y magnesio; y una función mecánica que corresponde al soporte del organismo y protección de órganos vitales (Guede *et al.*, 2013: 44).

3.1.2. Variación en la anatomía esquelética humana

Los huesos humanos presentan diferencias anatómicas observables tanto a nivel individual como poblacional. Según White *et al.* (2012: 26), existen cuatro factores principales que conducen a la variación en la anatomía esquelética humana:

1. Una primera fuente de esta variación es la ontogenia o crecimiento. Existen diferencias en el tamaño y forma entre el esqueleto infantil y el adulto.

2. Una segunda fuente de variación del esqueleto humano es el sexo. Los humanos tienen un moderado dimorfismo sexual en tamaño corporal, que se manifiesta en un menor tamaño relativo en los huesos y dientes de las mujeres respecto a los hombres (Ver “Dimorfismo sexual”, pág. 30).
3. El tercer tipo de variación es poblacional. Los distintos grupos humanos presentan diferencias en algunas de sus características óseas y dentales.
4. Finalmente, existe diferencia a nivel individual entre personas de la misma edad, sexo y población.

La variabilidad biológica entre las diferentes poblaciones humanas en cuanto a la formación y consolidación del tejido óseo se debe en especial medida a la actividad física, los procesos de salud y enfermedad, alimentación y nutrición, las diferencias de edad, sexo y filiación grupal, entre otras, por lo cual se puede afirmar que es posible conocer más propiamente las poblaciones y sus procesos de vida y muerte por medio de la morfología ósea (Isaza y Monsalve, 2011: 288).

3.2. CAMPO DE ACCIÓN DE LA OSTEOLÓGÍA

El campo de acción de la Osteología es bastante amplio. Existen tres contextos en los que el conocimiento de la Osteología humana ha sido aplicado (White *et al.*, 2012: 1):

1. Contexto legal: Aplicación de la Osteología en la identificación de cadáveres recientes (Ver “Antropología Forense”, pág. 27).
2. Contexto paleontológico: Aplicación de la Osteología en el estudio de los homínidos pre-culturales del plioceno. La Osteología ha realizado grandes aportes al estudio de la evolución humana a través del análisis de los restos óseos de antiguos homínidos, ancestros de los humanos modernos, haciendo posible comprender algunos aspectos de los modos de vida y adaptaciones medioambientales de éstos —principalmente los huesos del cráneo y la pelvis—, ya que la evolución ha implicado importantes cambios en la anatomía esquelética de los homínidos, sobre todo por el proceso de encefalización y la bipedestación (Gea, 2008: 263).

3. Contexto arqueológico: Aplicación de la Osteología en el estudio de restos humanos que forman parte del registro arqueológico, lo que se conoce también con el nombre de Bioarqueología. Factores como el medio ambiente físico, las prácticas culturales, el estatus social, los trabajos repetitivos, el estrés nutricional prolongado, la dieta y las enfermedades crónicas afectan y dejan su huella en los huesos humanos. Estas alteraciones hacen posible interpretar el estilo de vida, el contexto sociopolítico, el estado de salud y la economía de subsistencia de las poblaciones humanas del pasado (DiGangi y Moore, 2012: 515).

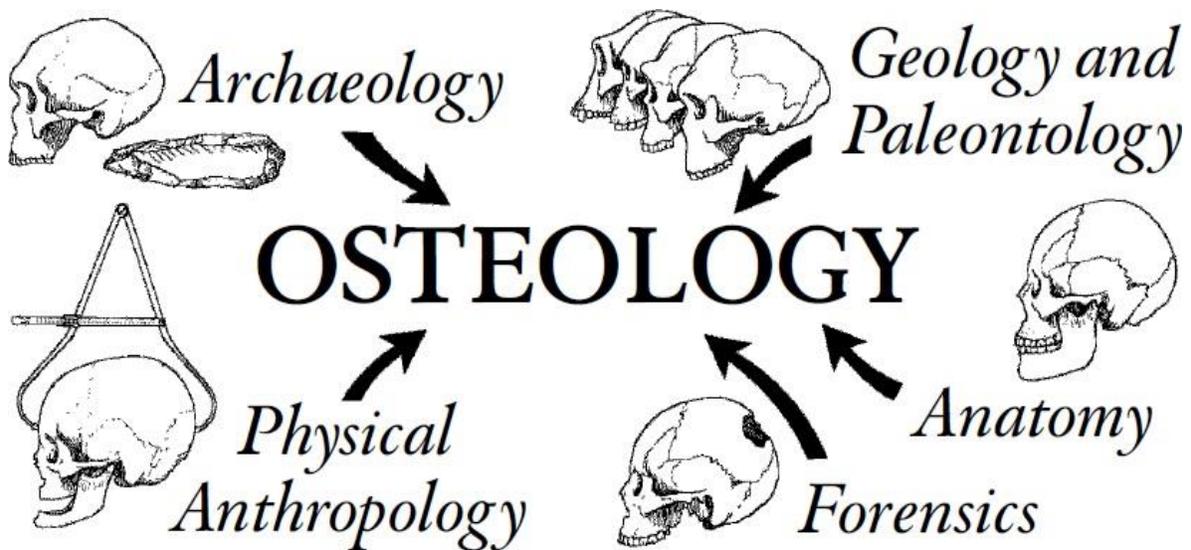


Imagen 3.4. Campos de acción de la Osteología (tomado de White *et al.*, 2012).

3.2.1. Especialidades de la Osteología

La Osteología se divide en un conjunto de especialidades que exploran las distintas dimensiones y aplicaciones del estudio del esqueleto humano en cada uno de los contextos antes mencionados. Entre éstas encontramos algunas como la Antropología Dental, la Craneología, la Antropología Osteológica, la Paleopatología y la Antropología Forense, las cuales se describen a continuación.

3.2.1.1. Antropología Dental

La Antropología Dental es definida como la especialidad de la Antropología Física que se ocupa de conocer los aspectos sociales e históricos de los diferentes grupos humanos mediante el análisis de la variación morfológica presente en la dentición humana. Su objetivo principal es registrar, analizar, explicar y comprender todo aquello que la morfología de los dientes puede indicar de las poblaciones humanas, en cuanto a su condición biológica asociada a sistemas culturales (Rodríguez Flórez, 2004: 2) como la dieta, calidad de vida, etc.

3.2.1.2. Craneología

La craneología es la ciencia del cráneo, su desarrollo, composición y la identificación de sus partes (Zamakona y Lagrange, 2007: 71). Aunque la craneología es parte integrante de la Osteología, la importancia que adquirió desde el primer momento el estudio de la extremidad cefálica ha dado a ésta tal singularidad que existe la costumbre de considerar la Craneología de manera independiente de la que se ha dado en llamar Osteología Postcraneal (Comas, 1966: 357).

3.2.1.3. Antropología Osteológica

La Antropología Osteológica —también conocida como Osteología Cultural— es el estudio de las alteraciones de los huesos humanos, ya sean de causas intencionales —deformaciones craneales, trepanaciones, cauterizaciones, marcas de corte, etc.— o ambientales —cambios por factores estresantes, nutricionales y patológicos— (Weiss, 1961: 133). Ha sido una de las ramas de la Osteología que más ha atraído a antropólogos y arqueólogos debido a la valiosa información que se puede obtener sobre las prácticas culturales de los grupos humanos del pasado a partir del estudio de sus restos óseos. Los trabajos emanados de ella han abierto camino hacia la búsqueda de nuestros orígenes en el tiempo y hacia la comprensión de lo que somos en la actualidad (Hernández, 1998: 97).

3.2.1.4. Paleopatología

La Paleopatología es definida como el estudio de las condiciones de salud y enfermedad en las poblaciones humanas antiguas. Cabe resaltar que la Paleopatología no es tanto la ciencia que trata de las enfermedades antiguas, pues la patología observada en el pasado también se encuentra en el hombre actual. Las diferencias principales residen sobre todo en las frecuencias y en las evoluciones ligadas a la medicina moderna. La Paleopatología se refiere más bien al estudio de las enfermedades en el pasado que al de las enfermedades pasadas (Dutour y Palfi, 2005: 161). Diversos tipos de enfermedades que dejan su huella en el hueso, como tumores, infecciones, traumas, etc., arrojan información útil sobre los hábitos de vida o expresan el grado probable de salud de los individuos de una colectividad (Weiss, 1961).

3.2.1.5. Antropología Forense

La Antropología Forense es la disciplina que aplica el saber científico de la Antropología Física y la Arqueología a la recolección y análisis de la evidencia física en un ámbito legal. La recuperación, descripción e identificación de restos óseos humanos es la principal labor de los antropólogos forenses (Burns, 2008: 27). Por esta razón, uno de los objetivos principales dentro del campo de acción de la Antropología Forense ha sido el diagnóstico de la edad, el sexo, la filiación poblacional —análisis tipológico— y la reconstrucción de la estatura en restos óseos humanos, con el fin de crear un perfil biológico, o en otras palabras, generar la osteobiografía de un individuo esqueletizado (Cattaneo, 2007: 188). Esta información se coteja después con las bases de datos de personas desaparecidas, con el fin de hacer posible su identificación. A continuación, se exponen algunos aspectos importantes relativos al estudio y análisis de restos óseos humanos en el proceso de identificación de personas.

3.2.2. Estudio antropológico de restos óseos

Tras lo descrito en el apartado anterior, es claro que el análisis del esqueleto tiene por objeto obtener la máxima información posible sobre la biografía de un individuo. La Osteología se apoya en un conjunto de técnicas tanto cualitativas —que se basan en la observación de caracteres óseos— como cuantitativas —a través de la medición de los huesos— que permiten el establecimiento del perfil biológico de un individuo, el cual incluye la denominada *cuarteta básica de identificación*, esto es: sexo, edad, estatura y filiación poblacional (Isaza y Monsalve, 2011: 295). A continuación, se hará una breve descripción de cada uno de los aspectos que conforman la cuarteta básica, pero para efectos del presente trabajo, se hará énfasis especialmente en el diagnóstico del sexo.

3.2.2.1. Estimación de la edad

El factor edad ha sido muy importante en Antropología, pero los problemas que plantea su estimación son distintos según las diferentes etapas del ciclo vital, siendo muy complejos en la edad fetal, relativamente fáciles en los individuos inmaduros, bastante difíciles y en ocasiones imposibles en la edad adulta, sobre todo a partir de la primera mitad de la tercera década (Campillo y Subirà, 2004: 151). Existen cambios en el esqueleto asociados con la edad y es a partir de esta premisa que se han llevado a cabo los estudios de estimación de la edad a partir de distintas piezas óseas. El coxal es uno de los varios huesos postcraneales sistemáticamente estudiados en relación con los cambios —degenerativos— sobrevenidos con la edad. Al efecto hay métodos verificados para el examen de la sínfisis púbica y faceta auricular del ilion (Burns, 2008: 170).

3.2.2.2. Filiación poblacional

Respecto a la filiación poblacional, ésta se relaciona con el concepto de raza —aún con lo problemático que resulta el uso del término—. Para estimar la filiación poblacional —o ancestría— el osteólogo debe recurrir al uso de caracteres óseos que se sabe varían entre diferentes poblaciones humanas de diversas partes del mundo (White, 2012: 422). El cráneo es la única área del esqueleto de

la que puede obtenerse una estimación, lo más precisa posible, del origen racial de un individuo, principalmente a través del estudio del esqueleto facial (Bass, 2005: 83).

3.2.2.3. Reconstrucción de la estatura

Existen métodos anatómicos y matemáticos para la reconstrucción de la estatura. El primero es considerado el más acertado, pues las fuentes de error se limitan a la variación en el grosor del tejido blando y las curvaturas de la columna vertebral (Rodríguez, 2004: 158). El segundo, el método matemático —métrico—, utiliza la medición de huesos largos y fórmulas de regresión lineal que permiten reconstruir la estatura (Celbis y Agritmis, 2006: 138).

3.2.2.4. Diagnóstico del sexo

El diagnóstico del sexo en restos esqueléticos constituye uno de los pilares fundamentales al construir el perfil biológico de un individuo (Garrido-Varas *et al.*, 2014: 285). Su importancia radica en que puede ser aplicable a distintos contextos y poblaciones, tanto del presente como del pasado. De esta manera, el diagnóstico del sexo en restos óseos humanos se requiere en casos con interés forense —identificación— y en los estudios de yacimientos arqueológicos para conocer la demografía de una población determinada (Rosique *et al.*, 2004: 50).

Al diagnosticar el sexo de un esqueleto, lo que se busca básicamente es identificar las manifestaciones óseas de los caracteres sexuales secundarios determinados por los cromosomas heterosómicos por medio de las hormonas y otros mecanismos (Vargas *et al.*, 1973: 330) que definen diferencias observables entre hombres y mujeres, lo que se conoce como dimorfismo sexual. Antes de continuar mencionando algunos de los aspectos más importantes relativos al diagnóstico del sexo, es importante conocer más acerca del concepto de dimorfismo, el cual se desarrollará a continuación.

3.3. DIMORFISMO SEXUAL

El concepto de dimorfismo sexual es definido como la diferencia entre machos y hembras de una especie en términos de tamaño corporal, forma del cuerpo y ritmo/tiempo de desarrollo o conducta (DiGangi y Moore, 2012: 93). Por ejemplo, entre un Gibón macho y uno hembra no existe diferencia a nivel dimórfico, es decir, ambos son relativamente de igual tamaño; en el chimpancé esta diferencia es del 11%, en el gorila del 50% y en la especie humana 5.7% en promedio (Sanabria, 2011: 14). En las poblaciones humanas contemporáneas, el proceso de sedentarización y la gracilización han contribuido a la reducción del dimorfismo sexual, particularmente en algunas estructuras como la talla y las dimensiones del cráneo y dientes. En otras partes del cuerpo como la forma y tamaño de la mandíbula y ante todo en la pelvis, el dimorfismo existente aún permite diferenciar claramente ambos sexos (Rodríguez, 2004: 88).

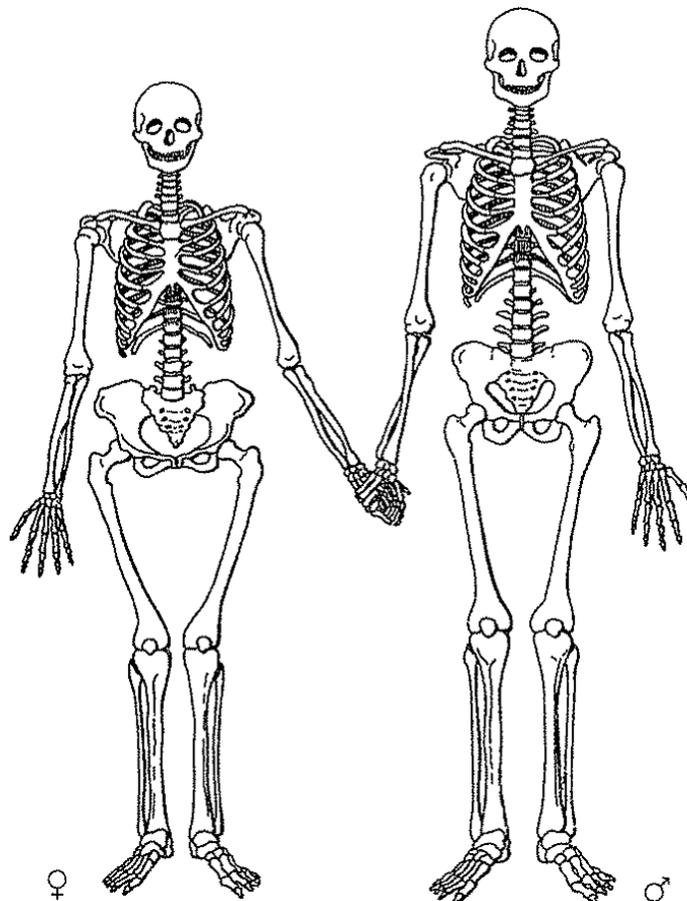


Imagen 3.5. Dimorfismo sexual en el esqueleto humano. Hombre a la derecha. Mujer a la izquierda (tomado de Campillo y Subirà, 2004).

3.3.1. Factores que inciden en la expresión del dimorfismo sexual

El proceso de diferenciación sexual es resultado de la acción de factores intrínsecos —genéticos y fisiológicos— y puede ser modificado además por factores extrínsecos —ambientales— ligados al crecimiento y al desarrollo (Pucciarelli *et al.*, 1993, citado por González *et al.*, 2005: 50), como se muestra a continuación.

3.3.1.1. Factores intrínsecos

Los niveles hormonales tienen incidencia directa en la expresión del dimorfismo sexual en el esqueleto humano. Durante el desarrollo del esqueleto, las hormonas sexuales esteroideas influyen sobre las dimensiones, forma y ganancia de la masa ósea (Osuna, 2003: 10), observándose una relación positiva entre la densidad mineral ósea y las concentraciones de testosterona y estradiol (Villarreal *et al.*, 2012: 161). Así, la testosterona, hormona responsable del desarrollo de las características sexuales secundarias masculinas, es esencial para el crecimiento, desarrollo y maduración del esqueleto masculino (Wilmore y Costill, 2004: 171), Antes de la pubertad, la masa ósea es comparable entre ambos sexos. Sin embargo, durante la adolescencia, se incrementa la masa ósea en hombres por efectos hormonales, aumentando además la longitud y el diámetro de los huesos, con engrosamiento del hueso cortical y aumento de la masa de tejido esponjoso (Osuna, 2003: 10).

3.3.1.2. Factores extrínsecos

Aunque el grado de dimorfismo sexual observable en los individuos de la especie humana está regulado en gran medida por la acción directa de las hormonas durante el período de crecimiento y desarrollo, factores ambientales como la actividad física, la nutrición y la biomecánica también influyen en gran medida en la manifestación del dimorfismo sexual.

3.3.1.2.1. Actividad física

La actividad física, ya sea por la práctica de deportes o actividades cotidianas, es uno de los factores que mayor efecto tiene en la expresión del dimorfismo sexual en los seres humanos. Diversos estudios han demostrado que el entrenamiento físico durante el crecimiento incrementa la masa y la densidad mineral ósea (Daly, 2007: 35). La selección natural ha sido un factor influyente para la existencia del dimorfismo sexual, debido a las actividades físicas cotidianas que el hombre ha realizado durante su historia evolutiva. Por ejemplo, los machos de la especie humana se dedicaron durante varios miles de años a la cacería para obtener alimento para sus hembras y sus crías, así mismo, elaboraron diversas estrategias, entre ellas, el uso de la fuerza para pelear con otros machos y poder acceder a las hembras (Sanabria, 2011: 14).

Aún en la actualidad, los hombres realizan generalmente actividades que requieren mayor esfuerzo físico que las mujeres, lo cual se manifiesta en el hueso puesto que, además de la actividad hormonal, la actividad física contribuye al aumento de la masa muscular y ósea. Existen diversos marcadores cuyo estudio puede aportar información sobre la actividad física desempeñada, tales como la forma de la sección transversal de los huesos, el desarrollo de entesofitos, la presencia de determinados caracteres no métricos como algunas carillas articulares, la presencia de artrosis o las lesiones traumáticas (Jiménez-Brobeil *et al.*, 2004: 142).

3.3.1.2.2. Nutrición

Teniendo en cuenta que, como ya se ha mencionado, en la especie humana el dimorfismo sexual se manifiesta principalmente en la diferencia de tamaño entre hombres y mujeres, la adecuada nutrición se torna en un factor importante durante el proceso de crecimiento. Las mujeres en general se ven menos afectadas que los varones en sus curvas de crecimiento ante circunstancias nutricionales adversas, donde la inhibición dimórfica en edades tempranas —como son los dos primeros años de vida— corresponde a un mayor deterioro del crecimiento en varones respecto a mujeres (Ranieri *et al.*, 1999: 128). Por consiguiente, la diferencia de tamaño entre hombres y mujeres se verá reducida cuando se ha

presentado un estrés nutricional prolongado en individuos de sexo masculino. La disminución de la talla y el aumento del tejido adiposo constituyen respuestas adaptativas que permiten la supervivencia de los individuos frente a la injuria nutricional (Torres *et al.*, 1999: 107).

3.3.1.2.3. Fuerzas biomecánicas

Factores extrínsecos en la maduración del esqueleto incluyen también la influencia biomecánica de las diferentes fuerzas que actúan sobre éste, como la locomoción y la gravedad. La plasticidad de los huesos durante el crecimiento y desarrollo le permite a nuestro sistema esquelético adaptarse y moldearse de acuerdo a nuestro tamaño, peso, actividades y comportamientos (DiGangi y Moore, 2012: 94). En otras palabras, cuando se incrementa la magnitud, intensidad y distribución de una carga o fuerza sobre el hueso, éste debe adaptar su masa y su estructura para acomodarse a esta nueva sobrecarga (Daly, 2007: 35).

3.3.2. Estudio del dimorfismo sexual en el esqueleto

El dimorfismo sexual tiene su expresión en los distintos huesos que conforman el esqueleto humano, aunque se evidencia mejor en unos más que en otros, en especial en los huesos que conforman el cráneo y la pelvis. El estudio del dimorfismo sexual se lleva a cabo con mayor fiabilidad en sujetos adultos, de edades comprendidas entre los 20 y los 55 años aproximadamente. En individuos infantiles todavía no se han terminado de conformar los caracteres sexuales de modo definitivo y en adultos mayores pueden verse afectados por modificaciones debidas a la edad avanzada (Alemán, 2013: 62). El estudio del dimorfismo sexual en seres humanos parte del principio de que los huesos de individuos femeninos son en promedio más pequeños que los restos óseos masculinos. En general los huesos de varones no solamente son más grandes, sino también más pesados y robustos, con inserciones musculares más pronunciadas (Krenzer, 2006: 1).

3.3.2.1. Métodos para diagnosticar el sexo

Son dos los métodos empleados en Antropología Física para diagnosticar el sexo en restos óseos humanos con relación a la expresión del dimorfismo sexual en el esqueleto: valoración del sexo y estimación del sexo. La valoración del sexo —método morfoscópico— se refiere al método visual, tradicional y más subjetivo, que consiste en la observación de elementos óseos como cráneo y pelvis. La estimación del sexo —método morfométrico—, por el contrario, es la estimación métrica del sexo usando porcentajes estimables de error (Spradley y Jantz, 2011, citados por DiGangi y Moore, 2012: 92), el cual parte de mediciones realizadas en los huesos humanos.

3.3.2.1.1. Valoración del sexo o método morfoscópico

El procedimiento más utilizado para conocer el sexo del esqueleto de un individuo adulto ha sido la morfoscopía, que corresponde a la observación de los rasgos distintivos de los huesos de la pelvis y del cráneo. En la primera existe un marcado dimorfismo sexual consecuencia de la evolución adaptativa de las mujeres para la procreación (Escorcía *et al.*, 2007: 136). La pelvis femenina se caracteriza por ser más ancha y más baja que la masculina (Campillo y Subirà, 2004: 185) y generalmente más delgada y ligera (Genovés, 1964, citado por Rodríguez, 2004: 98).

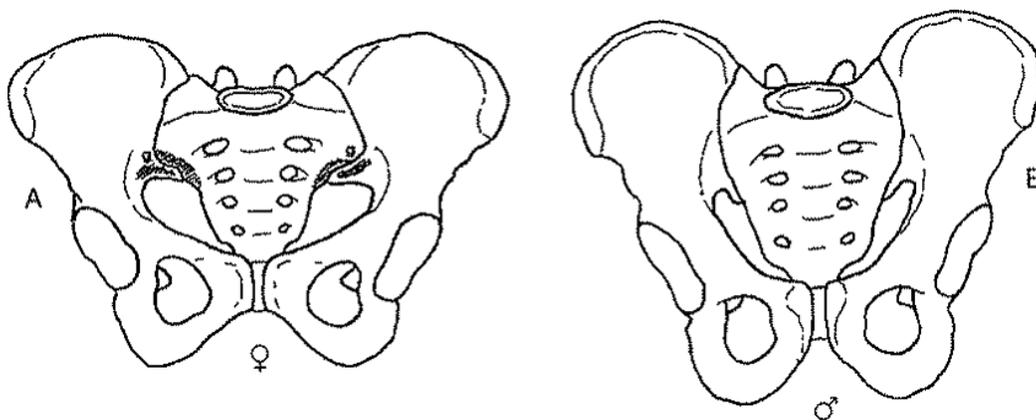


Imagen 3.6. Dimorfismo sexual en la pelvis humana. A) pelvis femenina, que permite apreciar el predominio de su anchura sobre su altura y ángulo subpúbico amplio. B) Pelvis masculina, más alta y con el ángulo subpúbico más cerrado (modificado de Campillo y Subirà, 2004).

Son tres los métodos recomendables para la valoración del sexo en la pelvis humana (DiGangi y Moore, 2012: 95):

1. El método de Phenice de la morfología subpúbica.
2. La morfología de la escotadura ciática mayor.
3. La presencia del surco preauricular.

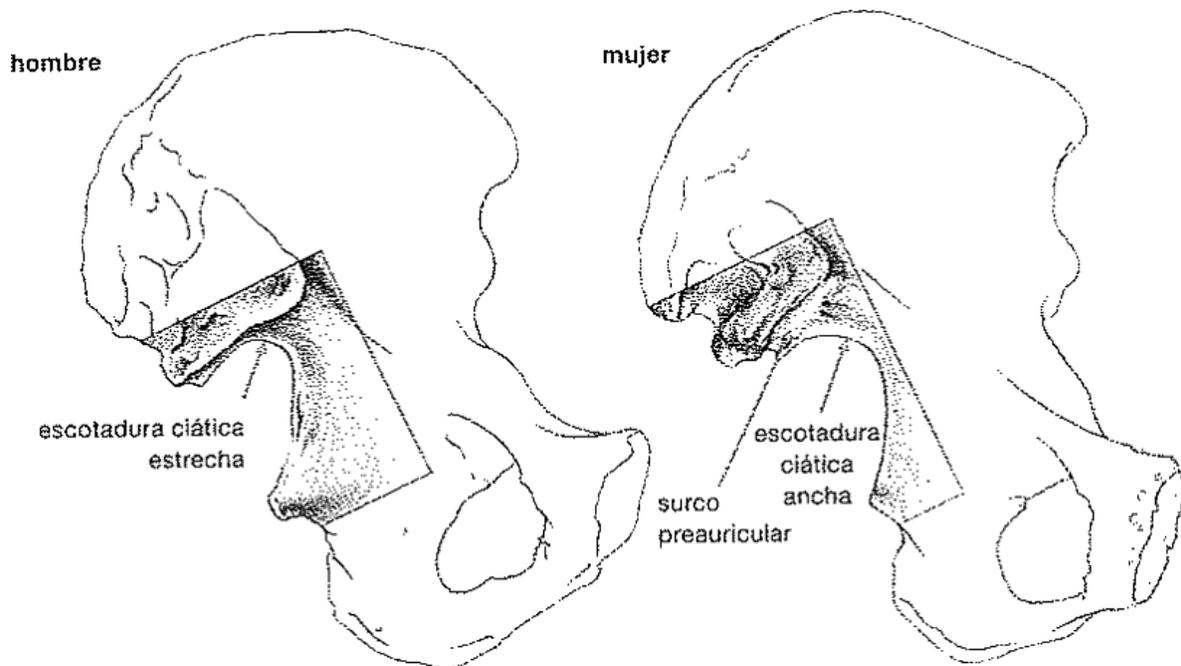


Imagen 3.7. Características sexuales de los coxales masculino y femenino. La escotadura ciática mayor es más estrecha en el hombre y más ancha en la mujer. A su vez, el surco preauricular está presente en el coxal femenino y ausente en el masculino (tomado de Burns, 2008).

Por su parte, el cráneo constituye otra de las piezas que exhibe excelentes marcadores óseos para diagnosticar el sexo del individuo estudiado, ocupando el segundo lugar después de la cintura pélvica. La estimación del sexo con esta estructura ósea parte del principio de que el cráneo masculino es de mayor tamaño, más robusto y con inserciones musculares más marcadas que el cráneo femenino (Sanabria, 2011: 20). La región glabelar —prominencia de los arcos superciliares—, el borde supraorbitario, la cresta nugal, la apófisis o proceso mastoideo y el mentón de la mandíbula están generalmente más desarrollados en el sexo masculino, y en menor medida en el femenino (Rodríguez, 2004: 92-93).

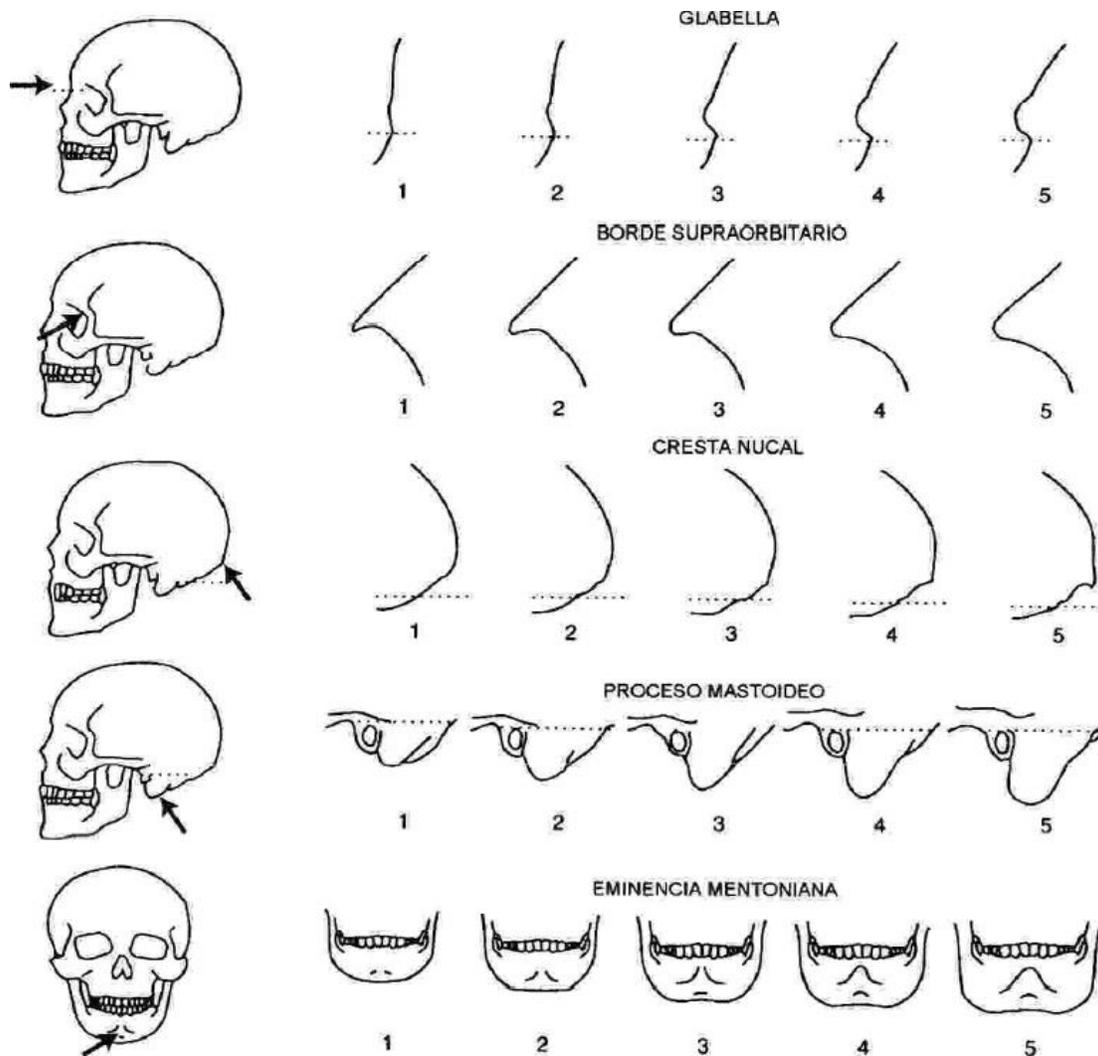


Imagen 3.8. Sistema para evaluar el dimorfismo sexual en el cráneo de 1 a 5, siendo 1 muy femenino y 5 muy masculino (modificado de Buikstra y Ubelaker, 1994, tomado de Rodríguez, 2004).

La mayor dificultad que se puede encontrar a la hora de enfrentar un análisis morfoscópico es que el investigador debe contar con cierta experiencia para emitir un diagnóstico confiable, ya que los resultados dependen de su entrenamiento para identificar los rasgos más característicos de diferenciación sexual (Rosique *et al.*, 2004: 51). Sumado a esto, los huesos de la cintura pélvica o los del cráneo no siempre se encuentran disponibles, ya sea en contextos forenses o arqueológicos. De hecho, uno de los mayores problemas es que no siempre se encuentran esqueletos bien preservados o completos (Escorcía *et al.*, 2007: 136). Por esta razón, los métodos de estimación del sexo que emplean otras estructuras óseas —como los huesos largos— cobran gran relevancia (Béguelin *et al.*, 2011: 62).

3.3.2.1.2. Estimación del sexo o método morfométrico

Los métodos que incluyen la cintura pélvica han demostrado ser los más precisos; sin embargo, no son siempre aplicables y en su reemplazo los métodos métricos, que utilizan otros elementos del esqueleto, son una alternativa en casos en que la cintura pélvica o los rasgos craneales no se encuentren disponibles para el análisis o presenten características ambiguas (Garrido-Varas *et al.*, 2014: 285). El diagnóstico del sexo mediante el uso de técnicas métricas ha utilizado diversos métodos, que van desde medidas puntuales hasta el análisis discriminante que derivan del análisis de grupos o muestras de individuos de sexo, estatura, edad y patrón ancestral conocido, y a su vez se basan en el principio que las medidas tomadas a un hueso en particular, presentan unos valores que discriminan o establecen diferencias de carácter cuantitativo entre un individuo masculino y uno femenino (Sanabria, 2011: 43-44).

El análisis discriminante es una técnica estadística mediante la cual, a partir de una serie de mediciones llevadas a cabo en una pieza ósea, se desarrollan fórmulas matemáticas que permiten conocer el sexo de un esqueleto (Escorcía *et al.*, 2007: 136) dando lugar a la creación de funciones discriminantes que utilizan una o varias de estas fórmulas para tal fin. Para utilizar las funciones discriminantes, se multiplican las medidas del hueso evaluado por los coeficientes apropiados de la función, se suman los totales y el valor se compara con los puntos de corte conocidos (Sanabria, 2011: 44). Se clasificará al individuo como hombre o mujer dependiendo de que el valor que se obtenga sea mayor o menor.

La estimación métrica del sexo por medio del uso de funciones discriminantes se ha convertido recientemente en el método habitual, tanto en Antropología forense como en Bioarqueología, ya que involucra menor subjetividad y un error inter e intraobservador mucho más bajo (DiGangi y Moore, 2012: 98). Sin embargo, las funciones discriminantes también tienen sus limitantes, entre ellas, el hecho de que no es recomendable utilizarlas en poblaciones biológicamente distantes. De ahí que lo más aconsejable sea obtener funciones discriminantes propias de cada población, para aplicarlas en casos derivados de la misma (Escorcía *et al.*, 2007: 137). Nunca dos poblaciones van a ser idénticas, ya que están sometidas a distintos factores genéticos, culturales o medioambientales. Para no llegar a

conclusiones erróneas, es necesario utilizar las fórmulas que estén realizadas con base en una población lo más homogénea posible a la nuestra. Esta homogeneidad se manifiesta, en este caso en el grado de dimorfismo sexual que caracteriza a cada una de ellas (Alemán *et al.*, 1999: 222).

En cuanto a las piezas óseas, debido a la estructura tubular de los huesos largos, éstos generalmente se conservan mejor que los demás huesos del esqueleto (Trancho *et al.*, 1997: 181). Por consiguiente, los huesos largos son bastante útiles a la hora de estimar el sexo de un individuo cuando faltan otras piezas óseas como el cráneo o la pelvis. Huesos largos como el húmero y el fémur han demostrado ser buenos discriminadores del sexo de acuerdo a los resultados de diversos estudios realizados a partir de distintas variables métricas de estas piezas, especialmente las que describen las diferencias de tamaño de las epífisis y las diáfisis, las cuales han sido ampliamente utilizadas para el desarrollo de funciones discriminantes que permiten asignar el sexo con un grado elevado de confiabilidad (Béguelin *et al.*, 2011: 62). Aunque, como se mencionó anteriormente, el dimorfismo sexual se manifiesta en todo el esqueleto, para fines del presente trabajo nos centraremos en el fémur.

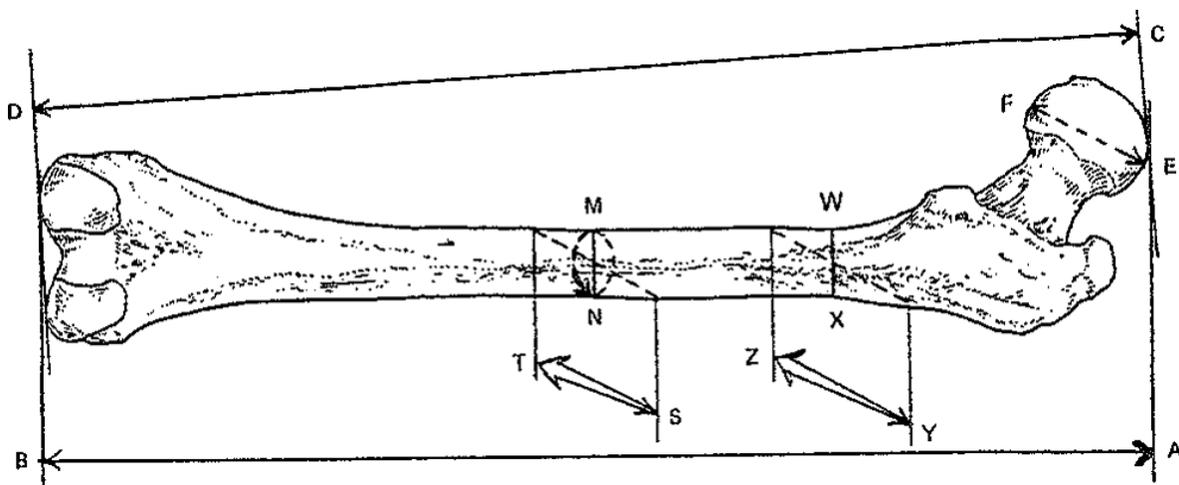


Imagen 3.9. Medidas del fémur. AB= Longitud máxima, CD= Longitud fisiológica, EF= Diámetro vertical de la cabeza, WX= Diámetro subtrocantérico transversal, YZ= Diámetro subtrocantérico anteroposterior, MN= Diámetro medio lateral a mitad de la diáfisis, ST= Diámetro anteroposterior a mitad de la diáfisis (modificado de Bass, 2005).

3.3.3. Dimorfismo sexual en fémur

Entre los huesos largos, el fémur es uno de los más estudiados puesto que presenta diferencias sexuales significativas, sobre todo en lo que se refiere al tamaño y a la robustez (Jiménez, 2009: 464). El dimorfismo sexual ha sido ampliamente estudiado en cráneos y pelvis, pero tiene manifestaciones en todo el esqueleto. El fémur es uno de los huesos en que más claramente puede observarse, debido a sus relaciones anatómicas y funcionales con la pelvis, al igual que a la acción general del sexo sobre el organismo (Vargas *et al.*, 1973: 330).

3.3.3.1. Características generales del fémur

El fémur representa la porción del muslo de la extremidad inferior. Es el hueso más medido dentro de la disciplina antropológica, tanto para reconstruir la estatura como para determinar la filiación poblacional, el sexo, la edad y los procesos evolutivos de la especie humana (Rodríguez, 2004: 105). Es además el hueso más largo, pesado y fuerte del esqueleto. Soporta todo el peso del cuerpo mientras se está de pie, al caminar y al correr. Debido a su dureza y densidad, con mucha frecuencia es recuperado en buenas condiciones en contextos forenses, arqueológicos y paleontológicos (White *et al.*, 2012: 241).

El tallo, cuerpo o diáfisis es más bien una sección redondeada y aparece algo curvado o con convexidad anterior. Se reconoce fácilmente gracias a la cabeza de forma esférica que se proyecta en ángulo desde el extremo proximal, y por los cóndilos del extremo distal (Burns, 2008: 179). El fémur se articula proximalmente con el acetábulo del coxal —articulación de la cadera—. Distalmente, se articula con la rótula y la epífisis proximal de la tibia —articulación de la rodilla—. Los movimientos de la pierna en la cadera incluyen rotación medial y lateral, abducción, aducción, flexión y extensión. En la rodilla, el movimiento es más restringido, limitado solamente a los movimientos de flexión y extensión (White *et al.*, 2012: 241).

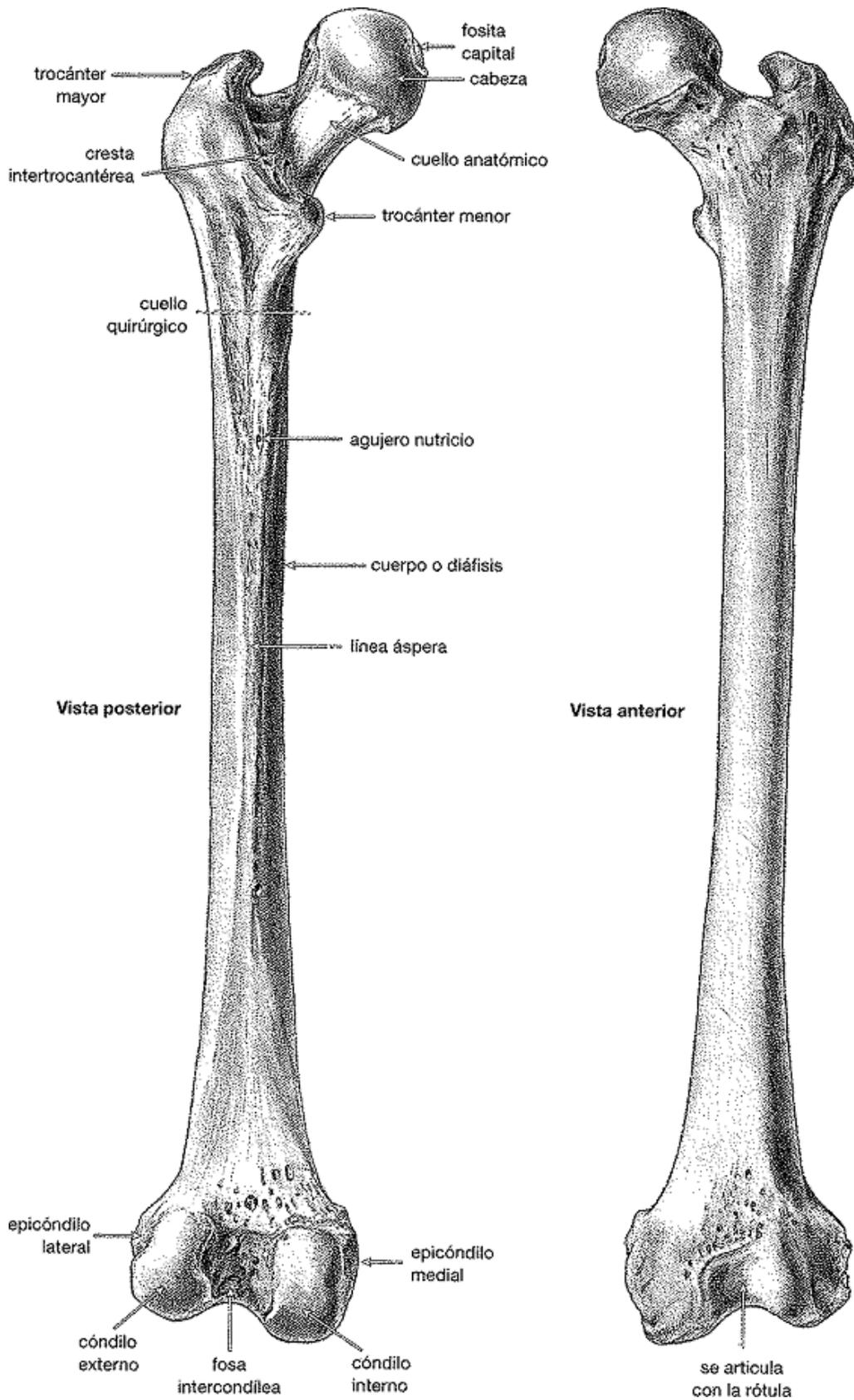
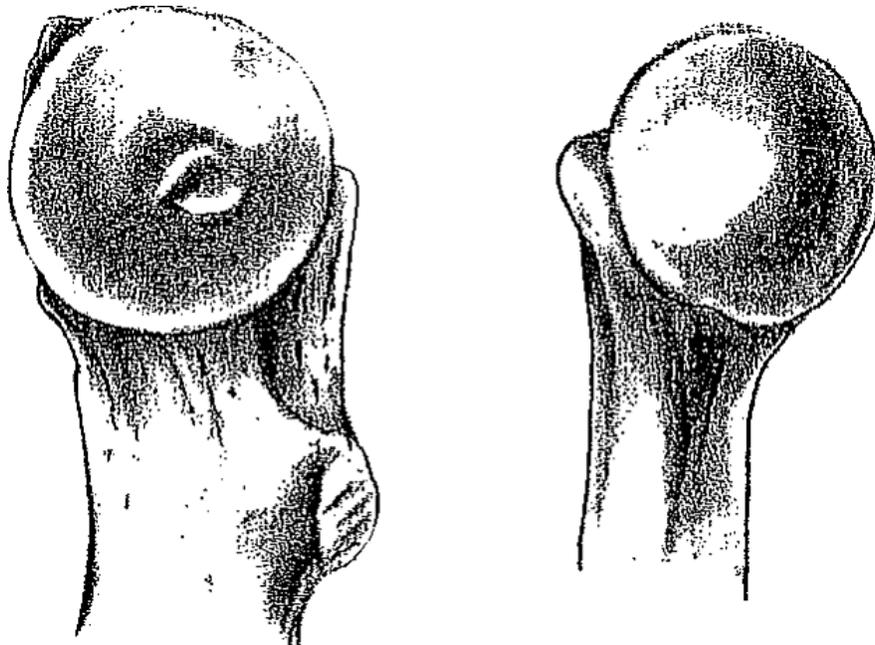


Imagen 3.10. Fémur izquierdo. Vistas anterior y posterior (tomado de Burns, 2008).

En el caso de un fémur fragmentado, algunos de sus segmentos podrían confundirse con los de otros huesos, como ocurre a menudo con la diáfisis o la cabeza femoral. La diáfisis del fémur podría confundirse con las del húmero o la tibia. Sin embargo, el fémur presenta una diáfisis más grande que la del húmero y tiene una línea áspera, además de lisa y redondeada, mientras que la diáfisis de la tibia es triangular (Bass, 2005: 220). Asimismo, la cabeza femoral presenta una fovea y es mucho más esférica que la cabeza del húmero (White *et al.*, 2012: 250).



Fémur

Húmero

Imagen 3.11. Diferencias morfológicas entre las cabezas del fémur y húmero (Bass, 2005).

El fémur se osifica a partir de cinco centros: la diáfisis, la cabeza femoral, la epífisis distal, el trocánter mayor y el trocánter menor. La cabeza femoral aparece en un periodo de 6 meses a un año. Inicia su fusión con la diáfisis entre 14-19 años en hombres y alrededor de 12-16 años en mujeres. El trocánter mayor aparece entre los 2 y 5 años y comienza su fusión alrededor de 16-18 años en hombres y 14-16 años en mujeres. El trocánter menor aparece alrededor de 7-12 años e inicia su fusión a los 16-17 años en ambos sexos. La epífisis distal aparece justo antes del nacimiento. Su fusión con la diáfisis empieza alrededor de 16-20 años en hombres y de 14-18 años en mujeres. (Scheuer y Black, 2000, citados por White *et al.*, 2012: 250).

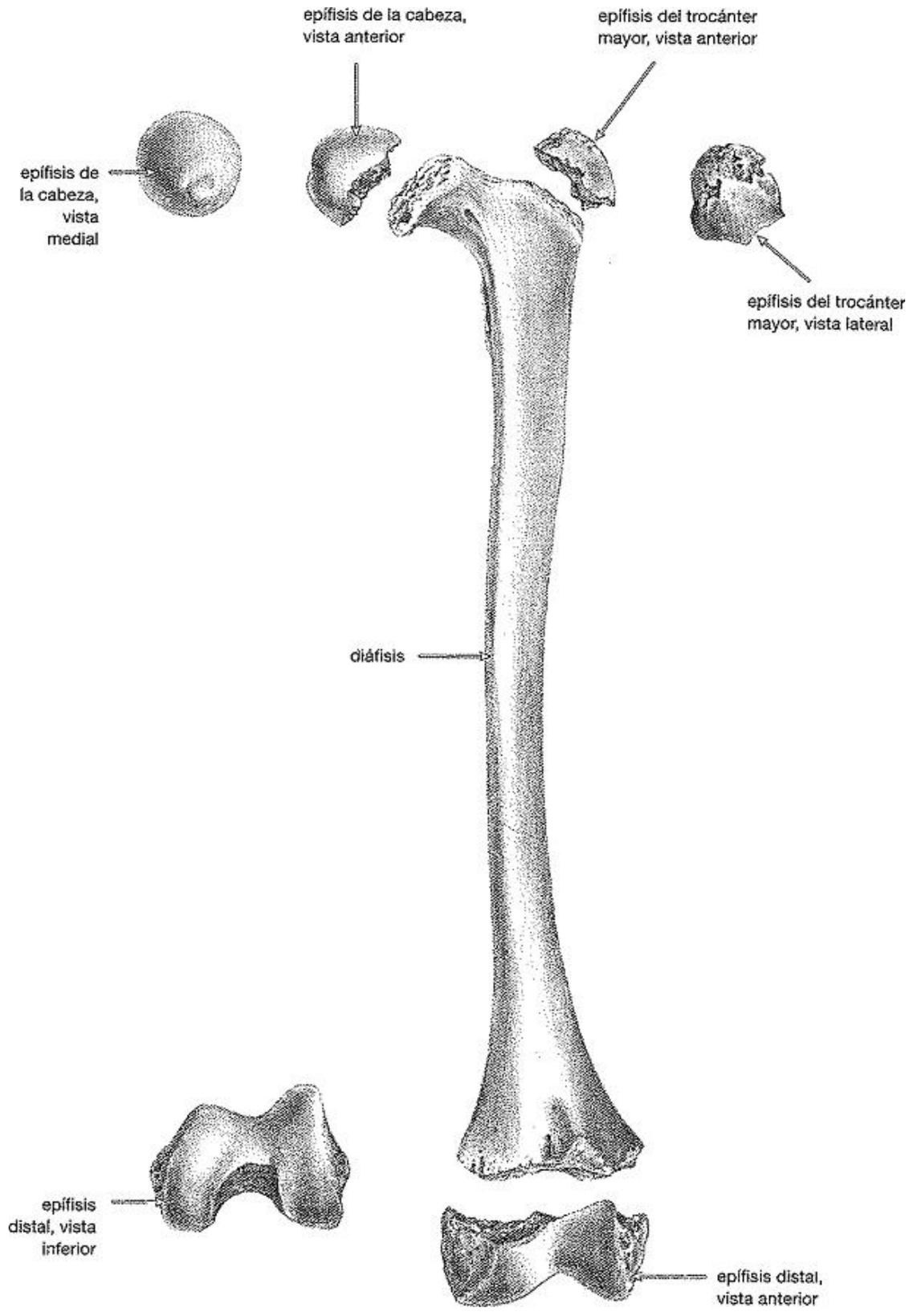


Imagen 3.12. Centros de osificación de fémur juvenil (tomado de Burns, 2008).

3.3.3.2. Diferencias sexuales en el fémur

Como rasgos morfológicos característicos del fémur masculino, generalmente encontramos inserciones musculares óseas más marcadas, destacándose la línea áspera, que se localiza en la región posterior de la diáfisis (Sanabria, 2011: 62). La línea áspera puede ser poco marcada, medianamente marcada o muy marcada, siendo un signo de robustez cuanto más marcada está (Campillo y Subirà, 2004: 147). La longitud, robustez, relieve y forma general del hueso responden a factores como la estatura, desarrollo de masas musculares y la constitución general de los individuos.

El ángulo de inclinación y la longitud del cuello, la anchura, forma e inclinación de los cóndilos y otros aspectos también presentan diferencias entre ambos sexos, debido principalmente a la relación entre este hueso y la pelvis, ya que estriban de la estructura que ha adquirido la pelvis femenina en el curso de la evolución para cumplir con su papel en la reproducción (Vargas *et al.*, 1973: 330). Al ser la pelvis femenina más ancha que la masculina, requiere un mayor ángulo femorotibial, conocido también como “ángulo Q”, el cual suele medir entre 10-14° en hombres y 15-18° en mujeres (Burns, 2008: 181).

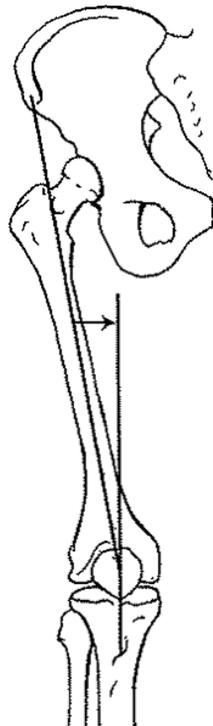


Imagen 3.13. Ángulo femorotibial o “Ángulo Q” (Burns, 2008).

A nivel cuantitativo, diversas dimensiones óseas como la cabeza femoral (Šlaus *et al.*, 2003) o la anchura epicondilar (Alumni-Perret *et al.*, 2008), muestran en promedio valores mayores en hombres que en mujeres. El elevado grado de dimorfismo sexual en la cabeza del fémur estaría vinculado con la función de este hueso como sostén del peso del individuo (Béguelin y González, 2008: 65). Sin embargo, los grados de diferenciación sexual en las dimensiones óseas varían entre poblaciones debido a factores intrínsecos y extrínsecos relacionados con la genética, el desarrollo, factores ambientales que afectan a este último —nutrición, estrés, actividad física, etc.— o a la interacción de ellos (Jiménez, 2009: 471).

Por lo anterior, es preferible para el diagnóstico del sexo utilizar aquellas medidas que indican tamaño o robustez, como las longitudes o el tamaño de las epífisis. Las medidas de la diáfisis, aunque no presenten diferencias en relación con el dimorfismo sexual, pueden verse más alteradas por factores extrínsecos como la nutrición o el tipo y nivel de actividad (Alemán *et al.*, 1999: 227). Las epífisis están más condicionadas por factores genéticos que las diáfisis, ya que estas últimas responden, mediante remodelación ósea, al estrés habitual al que se someten a lo largo de la vida de los individuos (Lieberman *et al.*, 2003, citados por Jiménez, 2009: 472). En el siguiente apartado, se mencionarán algunos de los estudios que han utilizado métodos cuantitativos para estimar el sexo en el fémur.

3.4. ESTIMACIÓN DEL SEXO EN FÉMUR POR MÉTODO MORFOMÉTRICO

Los estudios cuantitativos consideran una serie de variables métricas que describen el tamaño y la forma de distintos elementos anatómicos (Mazza y Béguelin, 2013: 123). En el caso del fémur, los caracteres métricos que se usan como criterio de diagnóstico sexual deben reflejar fundamentalmente las dimensiones generales del hueso, su robustez y las diferencias en cuello y cabeza (Vargas *et al.*, 1973: 330). Las epífisis son los puntos predilectos para llevar a cabo estudios métricos de determinación del sexo en fémur, ya que presentan amplias diferencias sexuales a nivel cuantitativo.

En diferentes poblaciones del mundo se han elaborado modelos predictivos del sexo con muestras provenientes de poblaciones asiáticas, africanas o europeas (Mazza y Béguelin, 2013: 123). Como ya se había mencionado, la desventaja que tienen los estudios métricos a través del uso de funciones discriminantes es que éstas no pueden usarse en poblaciones biológicamente distantes (Béguelin y González, 2011: 66). Debido a esto, la mayoría de los autores que han realizado estudios de este tipo, consideran que las funciones discriminantes sólo tienen validez si se aplican para determinar el sexo de poblaciones que tienen un grado de dimorfismo sexual igual o similar al de la población base (DiBennardo y Taylor 1983, citados por Alemán *et al.*, 1999: 226). A continuación, se presentarán algunos de los estudios métricos de determinación del sexo en fémur realizados en diferentes poblaciones del mundo y los resultados que éstos arrojaron.

Pearson (1917, citado por Sanabria, 2011: 62) llevó a cabo un estudio para determinar el sexo a partir de una serie de medidas realizadas en algunos caracteres métricos del fémur en población inglesa. Para ello, utiliza cuatro variables métricas: diámetro vertical de la cabeza, longitud poplítea, anchura epicondilar y la longitud trocantérea. Para estimar el sexo, se toman estas medidas y se comparan con los valores de referencia establecidos por Pearson para cada una. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que las medidas de Pearson fueron tomadas en fémures de individuos londinenses del siglo XVII y las poblaciones modernas son más altas que aquellas (Bass, 2005: 229). Las medidas se presentan en la tabla 3.1.

	Femenino	Femenino probable	Indeterminado	Masculino probable	Masculino
Diámetro vertical de la cabeza	<41.5 mm	41.5 – 43.5 mm	43.5 – 44.5 mm	44.5 – 45.5 mm	>45.5 mm
Longitud poplítea	<106 mm	106 – 114 mm	114.5 – 132 mm	132 – 145 mm	>145 mm
Anchura epicondilar	<72 mm	72 – 74 mm	74 – 76 mm	76 – 78 mm	>78 mm
Longitud trocantérea oblicua	<390 mm	390 – 405 mm	405 – 430 mm	430 – 450 mm	>450 mm

Tabla 3.1. Estimación del sexo a partir de cuatro variables métricas del fémur, según Pearson (1917).

Alumni-Perret *et al.* (2008) realizaron un estudio en 88 pares de fémures (44 hombres y 44 mujeres) de franceses blancos que habían fallecido entre los años 1998 y 2006. Los individuos que conforman la muestra habían donado sus cuerpos a la Escuela de Medicina de Niza. Se analizó el nivel de discriminación sexual que presentó la anchura epicondilar, cuyos resultados revelaron que no hubo diferencia estadísticamente significativa entre los lados derecho e izquierdo, aunque se eligieron los resultados del lado izquierdo. Los valores para esta medida en hombres fueron mayores que en mujeres, con un valor medio de 84.3mm para hombres y 78.4 mm para mujeres (tabla 3.2). Se obtuvo además la siguiente función discriminante para individuos franceses caucasoides: $\text{sexo} = \text{anchura epicondilar} \times 0.97894 + (-77.96854)$. Esta ecuación asignó el sexo correctamente al 95.4% de los individuos.

Sexo	Lado	N	Valor medio (mm)	S.D.	Mediana	Valor mínimo	Valor máximo	Valor P
M	Derecho	44	84.4	3.6	83.3	78.9	93.0	
	Izquierdo	44	84.3	3.6	84.0	78.9	92.6	0.32
F	Derecho	44	74.9	2.5	74.6	68.9	80.8	
	Izquierdo	44	74.8	2.5	74.7	68.5	80.8	0.32

N: Número de casos; **S.D.:** Desviación Estándar; **M:** Hombre; **F:** Mujer.

Tabla 3.2. Valores obtenidos para la anchura epicondilar (Alumni-Perret *et al.*, 2008).

Trancho *et al.* (1997) analizaron 132 fémures (60 hombres y 72 mujeres) correspondientes a una muestra proveniente de la Universidad Complutense de Madrid (UCM), con un rango de edad entre 34 y 97 años. Se utilizaron cinco variables: diámetro vertical de la cabeza (DVERTCAB), diámetro horizontal de la cabeza (DHORICAB), diámetro subtrocantérico anteroposterior (DANTPOST), diámetro subtrocantérico transversal (DTRANSVT) y la anchura epicondilar de la epífisis distal (ANCHEPIF). Se obtuvo un total de 10 funciones discriminantes, donde los individuos con un puntaje mayor a 0.0 se clasifican como hombre, si es menor a 0.0 como mujer, y si es igual a 0.0 como indeterminado (tablas 3.3 y 3.4).

Variables	Funciones discriminantes	Puntos de corte	Masculino si
1. Diámetro vertical de la cabeza	$0.4572 \times Dvertcab - 20.1776$	0	>44.133
2. Diámetro horizontal de la cabeza	$0.4681 \times Dhoricab - 20.3496$	0	>43.473
3. Diámetro subtrocantérico anteroposterior	$0.4792 \times Dantpost - 12.3172$	0	>25.704
4. Diámetro subtrocantérico transversal	$0.5017 \times Dtransvt - 14.7629$	0	>29.426
5. Anchura epicondilar	$0.3757 \times Anchepif - 28.4475$	0	>75.719

Tabla 3.3. Coeficientes y puntos de corte de las funciones del fémur, basado en una sola variable (Trancho *et al.*, 1997).

Funciones	Funciones discriminantes	Puntos de corte
Función 6	$0.1395 \times Dvertcab + 0.3341 \times Anchepif - 31.4207$	0
Función 7	$0.1847 \times Dhoricab + 0.3004 \times Anchepif - 30.7075$	0
Función 8	$0.1186 \times Dantpost + 0.3356 \times Anchepif - 28.4691$	0
Función 9	$0.3652 \times Dvertcab + 0.2161 \times Dantpost - 21.6439$	0
Función 10	$0.2186 \times Dtransvt + 0.3890 \times Dantpost - 16.4310$	0

Tabla 3.4. Coeficientes y puntos de corte de las funciones del fémur, basado en dos variables (Trancho *et al.*, 1997).

Como resultado principal, se observó que las dimensiones de la diáfisis obtuvieron un porcentaje de clasificación correcta muy bajo, menos del 90% de precisión, mientras que la función 5, correspondiente a la anchura epicondilar de la epífisis distal llegó a un porcentaje de precisión bastante alto (cercano al 98%) entre el sexo real y el estimado. De igual manera, las funciones 6, 7 y 8, que relacionan la anchura epicondilar con otra medida, obtuvieron también porcentajes muy altos. Los resultados se presentan a continuación:

Funciones	Casos	Correspondencia	No correspondencia	
			Hombre	Mujer
Función 1	114	91.23%	13.5%	4.8%
Función 2	114	93.86%	7.4%	5.0%
Función 3	132	84.09%	21.7%	11.1%
Función 4	132	74.24%	20.0%	30.6%
Función 5	123	97.56%	1.8%	2.9%
Función 6	107	99.07%	2.1%	0.0%
Función 7	106	99.06%	2.0%	0.0%
Función 8	123	98.37%	0.0%	2.9%
Función 9	114	92.11%	9.6%	6.5%
Función 10	132	85.61%	15.0%	13.9%

Tabla 3.5. Porcentaje de precisión de las funciones discriminantes (Trancho *et al.*, 1997).

Šlaus *et al.* (2003) realizaron un estudio en 195 fémures (104 varones y 91 mujeres) de individuos previamente identificados víctimas de la Guerra de Croacia de 1991. Se tomaron en total 7 mediciones: longitud máxima, anchura epicondilar, diámetro máximo de la cabeza femoral, diámetro subtrocantérico anteroposterior, diámetro subtrocantérico transverso, diámetro anteroposterior a mitad de la diáfisis y diámetro transverso a mitad de la diáfisis, medidas tomadas en el fémur del lado izquierdo. En total se obtuvieron 6 funciones discriminantes, las cuales mostraron mayor precisión en hombres que en mujeres. La función que combina las 7 variables tuvo un alto grado de exactitud, con un porcentaje de precisión del

94.4% para ambos sexos, al igual que las funciones 2 y 5 correspondientes a las epífisis, que mostraron ser igualmente buenos discriminadores del sexo (tabla 6).

Funciones y variables	Hombres		Mujeres		Promedio total	
	N	%	N*	%		
1. Función (todas las siete variables)	195	93.3	97/104	95.6	87/91	94.4%
2. Función (Diám. Máx. Cab. Y Anch. Epicond.)	195	92.3	96/104	96.7	88/91	94.4%
3. Función (Anch. Epicond. y Diám. Subtr. Transv.)	195	90.4	94/104	96.7	88/91	93.3%
4. Función (Anch. Epicond. Y Diám. Subtr. AP.)	195	91.3	95/104	92.3	84/91	91.8%
5. Función (Diám. Máx. Cab.)	195	94.2	98/104	94.5	86/91	94.4%
6. Función (Anch. Epicond)	195	93.3	97/104	89.0	81/91	91.3%

N= Número de casos; **N***= Casos clasificados correctamente por la función.

Tabla 3.6. Precisión al estimar el sexo de las funciones discriminantes (Šlaus *et al.*, 2003).

Ríos Frutos (2003) llevó a cabo un estudio en 114 fémures (75 hombres y 39 mujeres) provenientes de una muestra forense de individuos guatemaltecos bajo custodia de la Fundación de Antropología Forense de Guatemala (FAFG), que habían sido recuperados de un total de 13 exhumaciones realizadas en diferentes regiones del país entre enero y marzo de 2001. La medida utilizada para discriminar el sexo fue el diámetro mínimo supero-inferior del cuello femoral. Como resultado principal, se observó que el valor promedio para esta medida en la población guatemalteca es baja en comparación con otras poblaciones. El valor promedio para los hombres de Guatemala es aproximadamente el mismo que el de las mujeres Euroamericanas y Afroamericanas. El porcentaje del total de individuos correctamente clasificados por sexo fue alto (89.5%), aunque fue mayor en hombres (94.9%) que en mujeres (86.7%), tal como se muestra a continuación:

	Clasificado Hombre	Clasificado Mujer	% correcto
Hombre	65	10	94.9%
Mujer	2	37	86.7%
			89.5% total

Tabla 3.7. Porcentaje de estimación correcta del sexo (Ríos Frutos, 2003).

Steyn e İşcan (1997) examinaron una muestra de un total de 106 individuos blancos sudafricanos (56 hombres y 50 mujeres), provenientes de la colección Dart y la Universidad de Pretoria, para estimar el sexo en fémur y tibia. Se realizaron en total 6 medidas femorales y 7 tibiales. Las medidas femorales fueron: longitud máxima, diámetro de la cabeza, circunferencia a mitad de la diáfisis,

diámetro anteroposterior a mitad de la diáfisis, diámetro transverso a mitad de la diáfisis y anchura epicondilar. Las medidas tibiales fueron: longitud fisiológica, anchura de la epífisis proximal, diámetro anteroposterior a nivel del agujero nutricio, diámetro transverso a nivel del agujero nutricio, circunferencia a nivel del agujero nutricio, circunferencia mínima y anchura de la epífisis distal. Se obtuvo un total de 9 funciones discriminantes, las cuales se presentan a continuación:

Funciones y Variables (mm)	Coefficiente sin estandarizar	Coefficiente estandarizado	Punto de Corte
1. Fém. Diám. Cab.	0.16363890	0.40	-0.09389
Fém. Diám. Transv.	0.09093376	0.18	
Fém. Anch. Epicond.	0.13420310	0.55	
Constante	-20.80771000		
2. Tib. Anch. Epíf. Prox.	0.10786020	0.46	-0.10170
Tib. Diám. AP.	0.15334320	0.42	
Tib. Diám. Transv.	0.06750036	0.16	
Tib. Circunf. Mín.	-0.09845310	-0.46	
Tib. Anch. Epíf. Dist.	0.24325580	0.64	
Constante	-19.48625000		
3. Fém. Diám. Cab.	0.09752152	0.24	-0.108495
Fém. Diám. Transv.	0.13898700	0.27	
Fém. Anch. Epicond.	0.08792625	0.36	
Tib. Diám. AP.	0.16188040	0.45	
Tib. Circunf. Mín.	-0.10122840	-0.47	
Tib. Long. Fisiol.	-0.00937566	-0.21	
Tib. Anch. Epíf. Dist.	0.22215850	0.58	
Constante	-20.83820000		
4. Diám. Cab. Fem.	0.40482060	1.00	-0.086700
Constante	-18.57893000		
	Mujer<45.8<Hombre		
5. Anch. Epicond.	0.24411720	1.00	-0.089390
Constante	-19.58571000		
	Mujer<79.9<Hombre		
6. Anch. Epicond.	0.14677350	0.60	-0.092675
Diám. Cab. Fem.	0.18175910	0.45	
Constante	-20.11745000		
7. Tib. Anch. Epíf. Prox.	0.23434210	1.00	-0.085625
Constante	-17.51482000		
	Mujer<74.5<Hombre		
8. Tib. Anch. Epíf. Dist.	0.38066440	1.00	-0.087630
Constante	-18.06326000		
	Mujer<47.29<Hombre		
9. Tib. Anch. Epíf. Prox.	0.12370260	0.53	-0.096260
Tib. Anch. Epíf. Dist.	0.22181770	0.58	
Constante	-19.77125000		

Tabla 3.8. Funciones discriminantes con coeficientes y puntos de corte (Steyn e İşcan, 1997).

Como pudo observarse, algunas funciones discriminantes son univariadas, mientras que otras involucran dos o más variables. Para calcular el puntaje discriminante de cada función, el valor de cada dimensión se multiplica por su coeficiente y luego se le suma la constante. Si se toma como ejemplo la función 1, quedaría de la siguiente manera: (Diám. Cab. Fem. x 0.16363890) + (Diám. Transv. Fem. x 0.09093376) + (Anch. Epicond. x 0.13420310) - 20.80771000. Si el puntaje es mayor al punto de corte (-0.09389) el individuo se clasifica como hombre y si es menor como mujer. El porcentaje de clasificación correcta de estas funciones tuvo un rango que va del 86% al 91%, donde las medidas que involucran el fémur y la tibia mostraron los mejores resultados (91.4%), aunque la anchura epicondilar del fémur por sí sola mostró también un alto porcentaje de fiabilidad al alcanzar un 90.5% de precisión (tabla 9).

Funciones	Total N	Hombres		Mujeres		Promedio total
		%	Correctos	%	Correctos	
Función 1	105	85.7	48/56	91.8	45/49	88.6%
Función 2	106	87.5	49/56	94.0	47/50	90.6%
Función 3	105	85.7	48/56	98.0	48/49	91.4%
Función 4	106	87.5	49/56	84.0	42/50	85.9%
Función 5	105	89.3	50/56	91.8	45/49	90.5%
Función 6	105	87.5	49/56	89.8	44/49	88.6%
Función 7	106	83.9	47/56	90.0	45/50	86.8%
Función 8	106	83.9	47/56	94.0	47/50	88.7%
Función 9	106	89.3	50/56	92.0	46/50	90.6%

Tabla 3.9. Porcentaje de precisión de las funciones discriminantes (Steyn e İşcan, 1997).

İşcan y Shihai (1995) estudiaron una muestra de restos esqueléticos provenientes de cementerios cerca de las ciudades de Qingdao y Changchun en China. La muestra consistió en 87 esqueletos relativamente completos y bien preservados de sexo conocido. Se realizaron seis mediciones: longitud máxima, diámetro de la cabeza, diámetro anteroposterior a mitad de la diáfisis, diámetro transversal a mitad de la diáfisis, circunferencia a mitad de la diáfisis y anchura epicondilar. Se obtuvieron las siguientes funciones discriminantes:

Funciones y Variables		Coefficiente sin estandarizar	Coefficiente estandarizado	Punto de Corte
1.	Anchura epicondilar	0.20277340	0.76	0.04
	Longitud máxima	0.01041030	0.22	
	Diám. Anteropost.	0.08912650	0.20	
	Constante	-21.98602		
2.	Circunf. Mitad diáf.	0.08765310	0.48	0.03
	Diámetro de Cabeza	0.23995960	0.63	
	Constante	-17.49596		
3.	Circunf. Mitad diáf.	0.02085637	0.11	0.03
	Anchura epicondilar	0.24609700	0.92	
	Constante	-20.21629		
4.	Circunf. Mitad diáf.	0.1834105	1.00	0.09
	Constante	-14.72835		
	Mujer < 80.4	< Hombre		
5.	Anchura epicondilar	0.2660647	1.00	0.03
	Constante	-20.04588		
	Mujer < 75.5	< Hombre		
6.	Diámetro de Cabeza	0.3804008	1.00	0.03
	Constante	-20.21629		
	Mujer < 43.6	< Hombre		

Tabla 3.10. Funciones discriminantes con coeficientes y puntos de corte (İşcan y Shihai, 1995).

El rango de fiabilidad de las funciones discriminantes se ubica entre 81.7% y 94.9%. La función 5, correspondiente a la anchura epicondilar brinda un porcentaje cercano a 95% de precisión (tabla 11). La fiabilidad difiere por sexo en dos dimensiones: a las mujeres se les diagnosticó mejor el sexo con base en la circunferencia a mitad de la diáfisis y a los hombres con base en la cabeza femoral.

Funciones	Total N	Hombres		Mujeres		Promedio total
		%	Correctos	%	Correctos	
Función 1	78	92.3	36/39	92.3	36/39	92.3%
Función 2	82	81.4	35/43	87.2	34/39	84.2%
Función 3	76	94.6	35/37	94.9	37/39	94.7%
Función 4	82	72.1	31/43	92.3	36/39	81.7%
Función 5	78	94.9	37/39	94.9	37/39	94.9%
Función 6	83	84.4	38/44	79.5	31/39	83.1%

Tabla 3.11. Porcentaje de precisión de las funciones discriminantes (İşcan y Shihai, 1995).

Los resultados de los anteriores estudios evidencian la presencia de un marcado dimorfismo sexual en las zonas epifisiales del fémur. Aunque los resultados varían entre poblaciones, la mayoría coincide en que la cabeza del fémur o la cabeza y una longitud son las variables más eficaces para elaborar funciones discriminantes (Mazza y Béguelin, 2013: 130).

Trancho *et al.* (1997) encontraron que las funciones que ofrecen la mayor correspondencia entre el sexo estimado y el real corresponden a ambas epífisis, especialmente la distal. El mismo resultado obtuvieron Alumni-Perret y colaboradores, quienes hallaron que la anchura epicondilar es una medida confiable para la estimación del sexo, con un porcentaje de precisión del 95.4% en población francesa moderna (Alumni-Perret *et al.*, 2008). En el caso de la población de Croacia, el diámetro vertical o máximo de la cabeza femoral obtuvo muy buenos resultados al alcanzar un 94.4% de precisión al estimar el sexo (Šlaus *et al.*, 2003). Igualmente, Ríos Frutos (2003) encontró marcado dimorfismo sexual en la epífisis proximal, mientras que Steyn e Işcan (1997) e Işcan y Shihai (1995) en la epífisis distal.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. MUESTRA

La muestra que se empleó en el presente estudio está conformada por 16 individuos adultos de ambos sexos, con un rango de edad de 25 a 77 años, provenientes de la colección osteológica de referencia de la Universidad de Antioquia en Medellín, Colombia. Esta muestra fue a su vez recuperada del Cementerio Universal, ubicado en el norte de la ciudad de Medellín.

4.1.1. Población de referencia

Los individuos que componen la muestra provienen de la ciudad de Medellín, ubicada en el noroccidente de Colombia. La ciudad tiene una extensión de 380.64 km² y una temperatura media de 24°C (Fuente: Alcaldía de Medellín, 2014). Según datos del DANE y la Alcaldía de Medellín (2010), para el año 2005 la ciudad contaba con una población de 2.214.494 habitantes, y se espera que para el año 2015 esta cifra ascienda a 2.464.322 habitantes, cuya distribución por edad y sexo puede apreciarse en la siguiente gráfica:

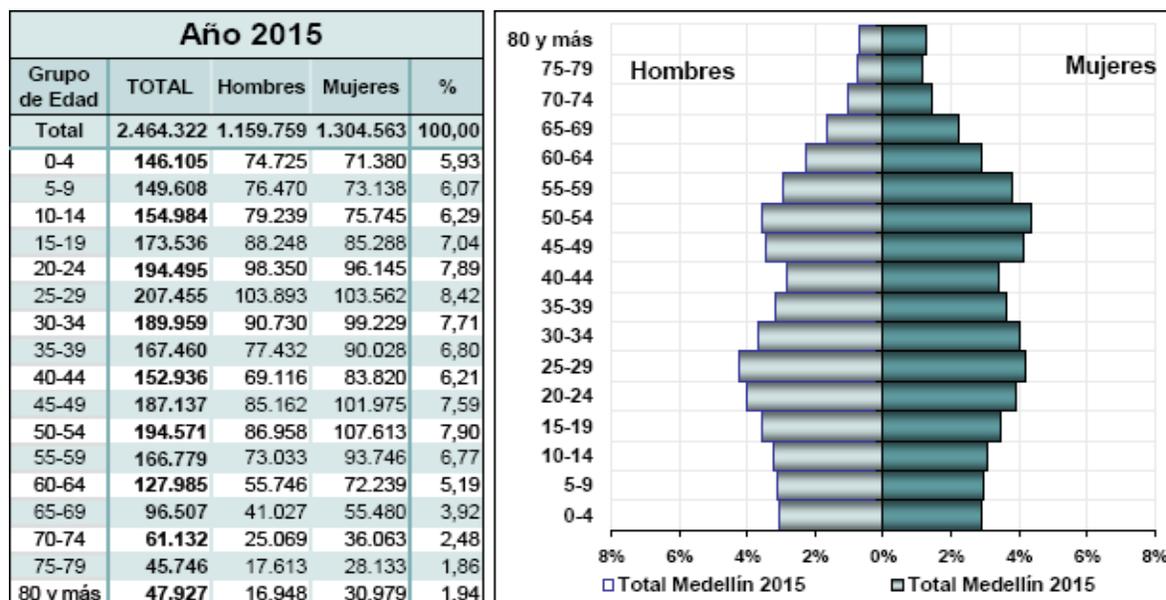


Gráfico 4.1. Distribución por edad y sexo de la población de Medellín (Fuente: Convenio Interadministrativo DANE-municipio de Medellín, 2010).

4.1.2. Obtención y selección de la muestra

Para el presente trabajo, se seleccionó una muestra no probabilística de individuos adultos provenientes de la colección osteológica de referencia de la Universidad de Antioquia. Esta muestra ósea fue obtenida a su vez del Cementerio Universal. El Municipio de Medellín otorgó bajo contrato de comodato a la Universidad de Antioquia 101 esqueletos completos exhumados del Cementerio Universal, los cuales tienen datos concernientes al sexo y edad al momento de la muerte. La muestra está compuesta por individuos de ambos sexos y una gama muy amplia de edades que cubren todo el ciclo vital, desde perinatales hasta adultos inhumados entre los años 2003 y 2005 (Isaza y Monsalve, 2011).

La conformación de esta colección osteológica ha sido llevada a cabo por el Laboratorio de Antropología Osteológica y Forense de la Universidad de Antioquia, con el fin de desarrollar investigación básica y aplicada en antropología osteológica y antropología física en población colombiana contemporánea (Isaza y Monsalve, 2011). Para hacer uso de la colección ósea, se contó con el permiso del Grupo de Investigación de Estudios Biosociales del Cuerpo (GIEBSCUERPO) adscrito al Centro de Investigaciones Sociales y Humanas (CISH) de la Facultad de Ciencias Sociales y Humanas de la Universidad de Antioquia.

4.1.3. Criterios de inclusión y exclusión

Los criterios de inclusión que se tuvieron en cuenta para la selección de la muestra fueron los siguientes:

1. Sexo: Se eligieron fémures de individuos de sexo conocido, documentado en las bases de datos del laboratorio.
2. Edad: Individuos adultos, adultez determinada por los cierres epifisiales y documentación escrita. Debido a que no todos los individuos tenían información relativa a su edad, ésta se estimó a través de los métodos de Brooks y Suchey (1990) para la sínfisis púbica y Lovejoy *et al.* (1985) para la carilla auricular del ilion.
3. Estado de conservación: Fémures completos, sin erosión en los puntos de medición. Las medidas se tomaron en los fémures del lado derecho, ya que permitían obtener una muestra más grande que los fémures izquierdos.

Asimismo, se excluyeron del estudio los fémures que presentaron algunas de las siguientes características: Lesiones patológicas y/o traumas óseos tales como osteoartritis, osteomielitis, periostitis, acondroplasia, fracturas (especialmente de cadera y fémur distal), dislocaciones, entre otros procesos que pudieran alterar los valores métricos durante el proceso de medición.

4.2. MÉTODO

El presente trabajo corresponde a un estudio transversal descriptivo con un enfoque cuantitativo, en el que se estimó el sexo a partir de un conjunto de variables métricas del fémur y el uso de funciones discriminantes.

4.2.1. Estimación del sexo

Para la estimación del sexo se utilizaron las variables y funciones discriminantes propuestas por el método de Trancho *et al.* (1997) llevado a cabo en fémures españoles. Se eligió este método teniendo en cuenta que la población colombiana tiene un ancestro predominantemente caucasoide de origen español. Por esta razón, las fórmulas elaboradas de series esqueléticas de la península ibérica pueden tener mayor aplicabilidad que las obtenidas de muestras norteamericanas (Rodríguez, 2004: 107).

4.2.1.1. Variables

El método originalmente propone 5 variables métricas (Ver pág. 46): diámetro vertical de la cabeza (DVERTCAB), diámetro horizontal de la cabeza (DHORICAB), diámetro subtrocantérico anteroposterior (DANTPOST), diámetro subtrocantérico transversal (DTRANSVT) y anchura epicondilar de la epífisis distal (ANCHEPIF). Sin embargo, en este estudio se emplearon sólo tres de ellas, las cuales se describen a continuación:

1. Diámetro vertical de la cabeza (DVERTCAB): Distancia entre los extremos superior e inferior de la cabeza del fémur.



Imagen 4.1. Diámetro vertical de la cabeza (Foto cortesía del Laboratorio de Antropología Osteológica y Forense de la Universidad de Antioquia).

2. Diámetro horizontal de la cabeza (DHORICAB): Distancia entre los puntos anterior y posterior de la cabeza del fémur.



Imagen 4.2. Diámetro horizontal de la cabeza (Foto cortesía del Laboratorio de Antropología Osteológica y Forense de la Universidad de Antioquia).

3. Anchura epicondilar de la epífisis distal (ANCHEPIF): Anchura máxima entre los puntos más laterales de los epicóndilos.



Imagen 4.3. Anchura epicondilar (Foto cortesía del Laboratorio de Antropología Osteológica y Forense de la Universidad de Antioquia).

4.2.1.2. Técnica de medición

Para la toma de las medidas, se utilizó un calibre digital marca Mitutoyo, con precisión de 0,02 mm. Cada medida fue tomada dos veces por el mismo investigador en dos momentos diferentes (Ver Anexos, pág. 99). Asimismo, el error intraobservador o grado de acuerdo entre las dos medidas se calculó a través de la prueba de Coeficiente de Correlación Intraclase (CCI), para estimar el grado de acuerdo entre ambas mediciones (Ver “Prueba de error intraobservador”, pág. 62).

4.2.1.3. Funciones discriminantes

El método obtuvo en total 10 funciones discriminantes, pero en este estudio se usaron 5, dos de las cuales combinan dos variables métricas. Las funciones discriminantes que se emplearon fueron las siguientes:

Variables	Funciones discriminantes	Puntos de corte	Masculino si
1. Diámetro vertical de la cabeza	$0.4572 \times D_{vertcab} - 20.1776$	0	>44.133
2. Diámetro horizontal de la cabeza	$0.4681 \times D_{horicab} - 20.3496$	0	>43.473
3. Anchura epicondilar	$0.3757 \times A_{nchepif} - 28.4475$	0	>75.719

Tabla 4.1. Coeficientes y puntos de corte de las funciones del fémur, basado en una sola variable (Trancho *et al.*, 1997).

Funciones	Funciones discriminantes	Puntos de corte
Función 4	$0.1395 \times D_{vertcab} + 0.3341 \times A_{nchepif} - 31.4207$	0
Función 5	$0.1847 \times D_{horicab} + 0.3004 \times A_{nchepif} - 30.7075$	0

Tabla 4.2. Coeficientes y puntos de corte de las funciones del fémur, basado en dos variables (Trancho *et al.*, 1997).

Funciones	Casos	Correspondencia	No correspondencia	
			Hombre	Mujer
Función 1	114	91.23%	13.5%	4.8%
Función 2	114	93.86%	7.4%	5.0%
Función 3	123	97.56%	1.8%	2.9%
Función 4	107	99.07%	2.1%	0.0%
Función 5	106	99.06%	2.0%	0.0%

Tabla 4.3. Porcentaje de precisión de las funciones discriminantes (Trancho *et al.*, 1997).

4.2.2. Estimación de la edad

Para la estimación de la edad, se utilizó el método de Brooks & Suchey (1990) basado en observación de la morfología de la sínfisis púbica, dividida en 6 fases y el método de Lovejoy *et al.* (1985) con base en las características de la carilla auricular del ilion, dividida en 8 fases.

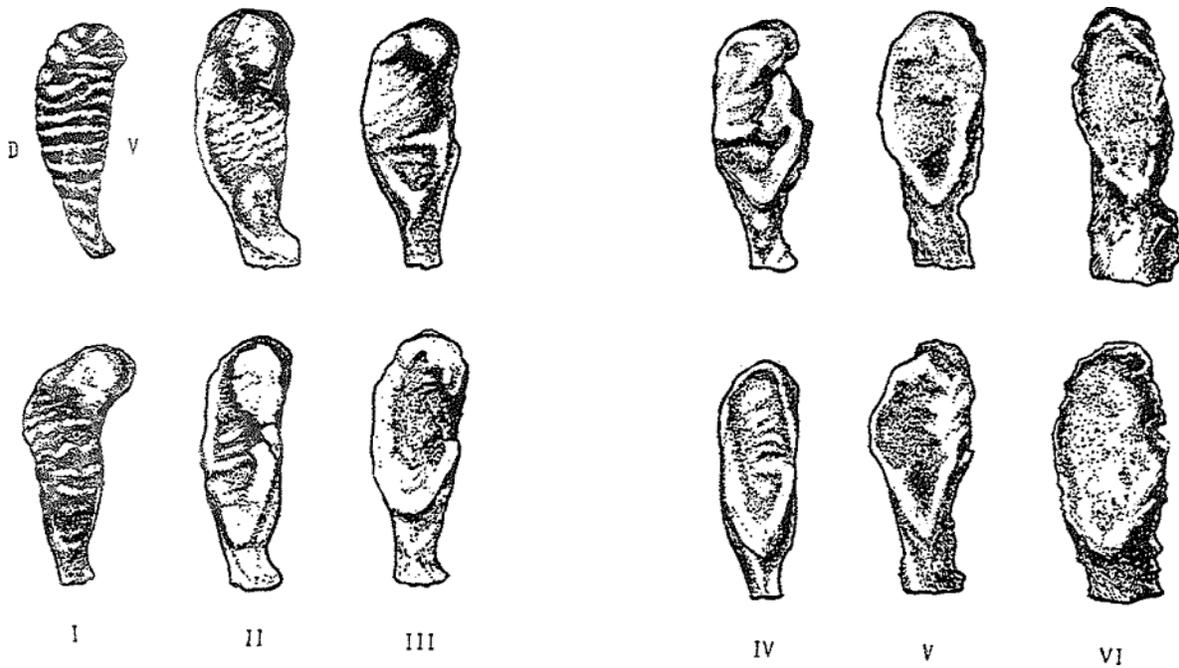


Imagen 4.4. Fases etarias de la sínfisis púbica según Brooks y Suchey (1990) (tomado de Bass, 2005).

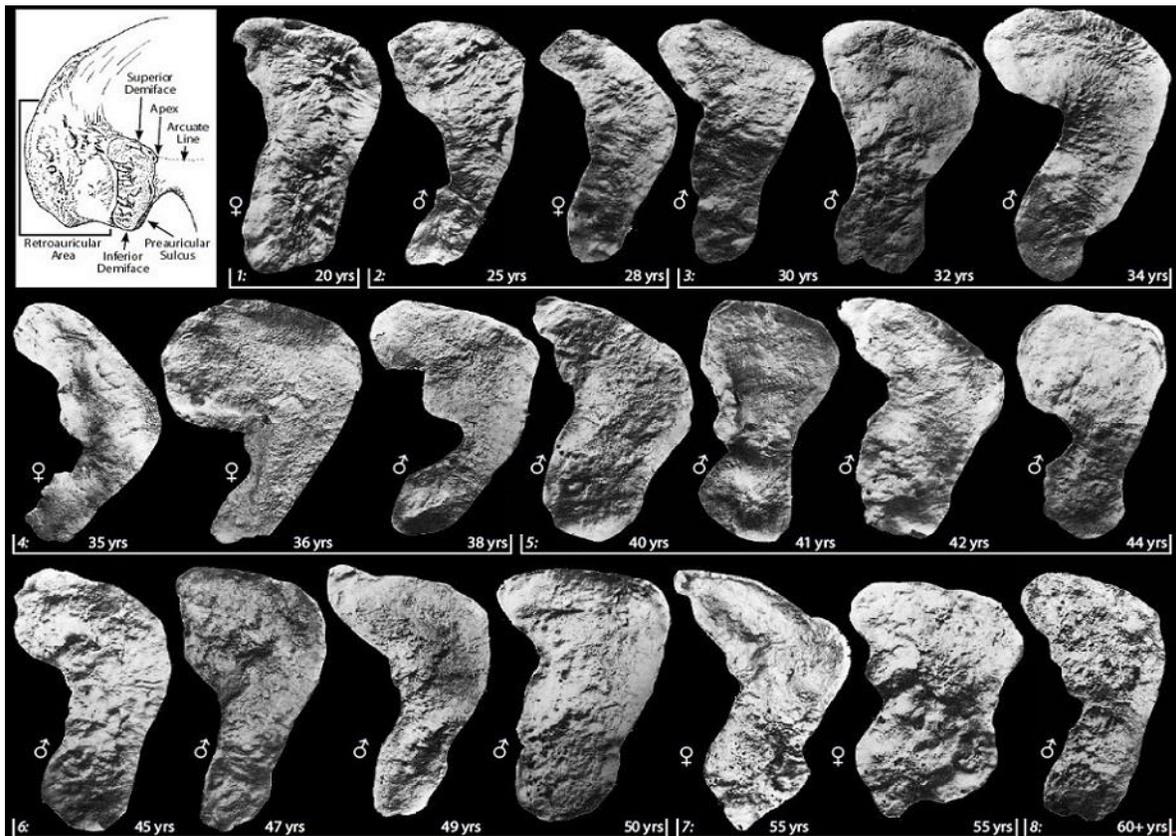


Imagen 4.5. Fases etarias de la carilla auricular del ilion propuestas por Lovejoy *et al.* (1985) (tomado de White *et al.*, 2012).

4.2.3. Registro de datos y análisis estadístico

Tras finalizar la fase de medición, se elaboró una base de datos osteométricos con ayuda del programa informático Microsoft Office Excel 2007, en la que se ingresaron los valores de las distintas variables de estudio, que incluyen las medidas efectuadas en el fémur, el sexo y la edad. Estos datos se exportaron posteriormente al programa estadístico IBM SPSS versión 19 para su análisis, como se describe a continuación:

VARIABLES	INDICADORES	NATURALEZA	ESCALA	UNIDADES O CATEGORÍAS
Diámetro vertical de la cabeza	Longitudes medidas con calibrador	Cuantitativa	Razón	Milímetros
Diámetro horizontal de la cabeza				
Anchura epicondilar				
Sexo	Caracteres sexuales secundarios en el esqueleto	Cualitativa	Nominal	1=Hombre 2=Mujer
Edad	Morfología de la sínfisis y carilla auricular del ilion	Cuantitativa	Razón	Años

Tabla 4.4. Operacionalización de las variables de estudio.

El análisis estadístico se llevó a cabo de la siguiente manera:

1. Se realizó la prueba de error intraobservador para medir el grado de afinidad entre las dos mediciones realizadas para cada variable métrica del fémur. Para el análisis, se usó el valor promedio entre ambas medidas.
2. Se aplicaron las funciones discriminantes propuestas por el método Trancho *et al.* (1997) para estimar el sexo de los individuos de la muestra. Se analizaron los porcentajes de clasificación correcta del sexo.
3. Se mostró la distribución de frecuencias por sexo, tanto documentado como estimado después de aplicar el método de Trancho *et al.* (1997). Se incluyó igualmente la distribución de frecuencias por edad y por edad y sexo.

4. Se proporcionaron estadísticos descriptivos, que incluyen las medidas de tendencia central y de dispersión como son la media, los valores máximo y mínimo y la desviación estándar observada para cada variable métrica del fémur por sexo.

4.3. CRONOGRAMA

La recolección de datos se llevó a cabo en el transcurso de cuatro meses, divididos en seis fases: 1) Reconocimiento de la muestra, 2) inventario osteológico, 3) Fase de medición, 4) Registro y elaboración de la base de datos, 5) Análisis estadístico de los datos y 6) Sistematización de la información. El cronograma de actividades realizadas puede apreciarse en la siguiente tabla:

Actividades	Mes 1			Mes 2			Mes 3			Mes 4				
Fase 1: Reconocimiento de la muestra.														
Fase 2: Inventario osteológico														
Fase 3: Fase de medición														
Fase 4: Registro y elaboración de la base de datos														
Fase 5: Análisis estadístico														
Fase 6: Sistematización de la información														

Tabla 4.5. Cronograma de actividades.

5. RESULTADOS

5.1. PRUEBA DE ERROR INTRA OBSERVADOR

Para el análisis de confiabilidad, se usó la prueba de Coeficiente de Correlación Intraclase (CCI) para medir el error intraobservador o grado de acuerdo entre las dos medidas tomadas por un mismo evaluador. Los valores varían de 0 a 1, donde el valor cercano a 1 indica una alta confiabilidad. En el presente estudio, los resultados están basados en la escala de Fleiss (1981) donde los valores cercanos o inferiores a 0 indican baja confiabilidad y los valores mayores a 0,74 indican una alta confiabilidad, como se muestra a continuación:

CCI	Grado de acuerdo
< 0	Sin acuerdo
< 0,40	Pobre
0,40 – 0,59	Moderado
0,60 – 0,74	Bueno
> 0,74	Excelente

Tabla 5.1. Escala para el CCI (Fleiss, 1981).

Con un intervalo de confianza del 95%, el CCI para el diámetro vertical de la cabeza se encuentra entre 0,983 en el límite inferior y 0,998 en el límite superior, ambos valores superiores a 0,74, lo cual indica una alta confiabilidad o grado de acuerdo entre ambas mediciones, como se verá a continuación:

	Correlación intraclase	Intervalo de confianza 95%		Prueba F con valor verdadero 0			
		Límite inferior	Límite superior	Valor	gl1	gl2	Sig.
Medidas individuales	,994	,983	,998	312,367	15	15	,000
Medidas promedio	,997	,991	,999	312,367	15	15	,000

Tabla 5.2. CCI para el diámetro vertical de la cabeza.

En el caso del diámetro horizontal de la cabeza, el CCI se encuentra entre 0,986 en el límite inferior y 0,998 en el límite superior, obteniéndose un alto grado de confiabilidad entre las dos medidas tomadas, ya que ambos valores son superiores a 0,74.

	Correlación intraclase	Intervalo de confianza 95%		Prueba F con valor verdadero 0			
		Límite inferior	Límite superior	Valor	gl1	gl2	Sig.
Medidas individuales	,995	,986	,998	381,844	15	15	,000
Medidas promedio	,998	,993	,999	381,844	15	15	,000

Tabla 5.3. CCI para el diámetro horizontal de la cabeza.

Por último, los valores del CCI para la anchura epicondilar se encuentran entre 0,986 en el límite inferior y 0,998 en el límite superior. Ambos valores son superiores a 0,74, por lo tanto hay un alto grado de confiabilidad entre las dos mediciones.

	Correlación intraclase	Intervalo de confianza 95%		Prueba F con valor verdadero 0			
		Límite inferior	Límite superior	Valor	gl1	gl2	Sig.
Medidas individuales	,999	,997	1,000	2225,637	15	15	,000
Medidas promedio	1,000	,999	1,000	2225,637	15	15	,000

Tabla 5.4. CCI para la anchura epicondilar.

5.2. CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

5.2.1. Distribución de frecuencias por sexo

5.2.1.1. Distribución de frecuencias por sexo documentado

De acuerdo a la información documental registrada en la base de datos del Laboratorio de Antropología Osteológica y Forense de la Universidad de Antioquia, la muestra analizada corresponde a un total de 16 individuos, de los cuales 13 son hombres y 3 son mujeres, es decir un 81,3% y 18,8% respectivamente. Dicha información fue aportada a su vez por las actas de defunción proporcionadas por el Jardín Cementerio Universal. A continuación, se presenta la lista de individuos de sexo conocido que conforman la muestra de estudio:

Individuo	Sexo documentado
CU007	Hombre
CU015	Hombre
CU017	Hombre
CU045	Hombre
CU053	Hombre
CU055	Hombre
CU059	Hombre
CU066	Hombre
CU067	Mujer
CU091	Hombre
CU096	Mujer
CU103	Hombre
CU111	Hombre

CU121	Hombre
CU128	Mujer
CU144	Hombre

Tabla 5.5. Lista de individuos por sexo documentado.

La tabla 5.6 muestra la distribución de la muestra por sexo documentado:

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Hombre	13	81,3	81,3	81,3
	Mujer	3	18,8	18,8	100,0
	Total	16	100,0	100,0	

Tabla 5.6. Distribución de frecuencias por sexo documentado.

El gráfico 5.1 muestra la distribución equitativa de frecuencias por sexo documentado de la muestra total.

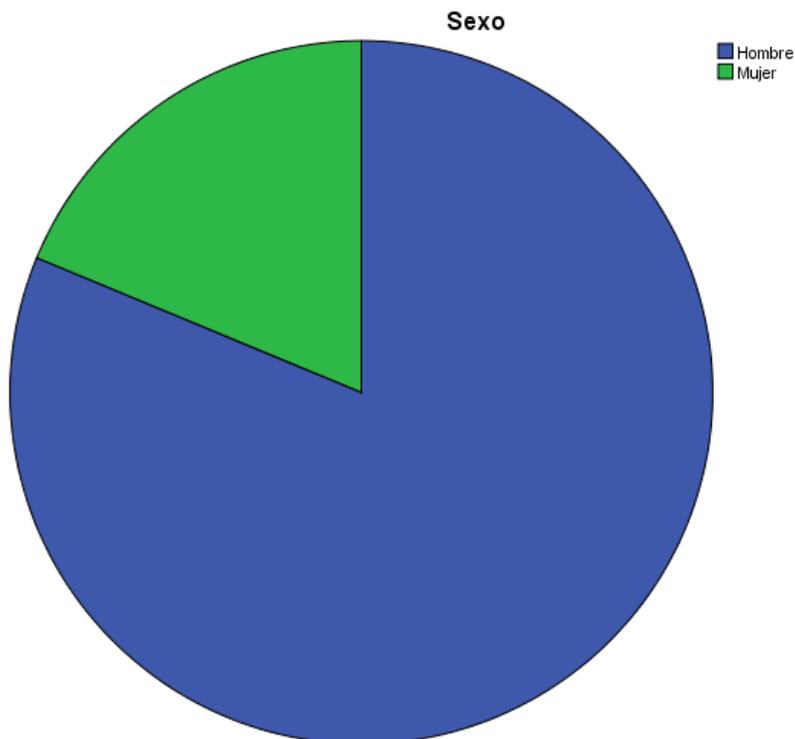


Gráfico 5.1. Frecuencia por sexo documentado.

5.2.1.2. Distribución de frecuencias por sexo estimado

Luego de aplicar el método de Trancho *et al.* (1997) se presentan a continuación los resultados obtenidos para cada una de las funciones discriminantes, con los puntos de corte y el sexo estimado de cada uno de los individuos que conforman la muestra de estudio, donde quienes presentan valores mayores a 0.0 fueron clasificados como hombres y aquellos con valores por debajo de 0.0 se clasificaron como mujeres. Con base en los valores obtenidos, la distribución de frecuencias por sexo estimado fue diferente a la observada en el sexo documentado. A continuación se presentan los resultados obtenidos por cada función discriminante.

5.2.1.2.1. Función 1

La distribución de frecuencias por sexo luego de aplicar la función 1, que corresponde al diámetro vertical de la cabeza, reportó una frecuencia de 10 hombres y 6 mujeres, que equivale a un 62,5% y 37,5% del total de la muestra estudiada respectivamente. Los resultados obtenidos difieren de los observados en el sexo documentado.

Función 1 (0.4572 x diámetro vertical de la cabeza) - 20.1776			
Individuo	Punto de corte	Sexo documentado	Sexo asignado
CU007	0,592996	Hombre	Hombre
CU015	0,334678	Hombre	Hombre
CU017	-0,476852	Hombre	Mujer
CU045	1,10506	Hombre	Hombre
CU053	1,57369	Hombre	Hombre
CU055	1,992028	Hombre	Hombre

CU059	1,13935	Hombre	Hombre
CU066	0,794164	Hombre	Hombre
CU067	-2,817716	Mujer	Mujer
CU091	1,084486	Hombre	Hombre
CU096	-2,154776	Mujer	Mujer
CU103	1,182784	Hombre	Hombre
CU111	0,700438	Hombre	Hombre
CU121	-0,385412	Hombre	Mujer
CU128	-1,334102	Mujer	Mujer
CU144	-0,570578	Hombre	Mujer

Tabla 5.7. Resultados de la aplicación de la Función 1.

La tabla 5.8 muestra la distribución de frecuencias por sexo estimado luego de aplicar la función 1.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Hombre	10	62,5	62,5	62,5
	Mujer	6	37,5	37,5	100,0
	Total	16	100,0	100,0	

Tabla 5.8. Distribución de frecuencias por sexo estimado a través de la función 1 (Diámetro vertical de la cabeza).

El gráfico 5.2 muestra la composición por sexo de la muestra total luego de aplicar la función 1 del método de Trancho *et al.* (1997).

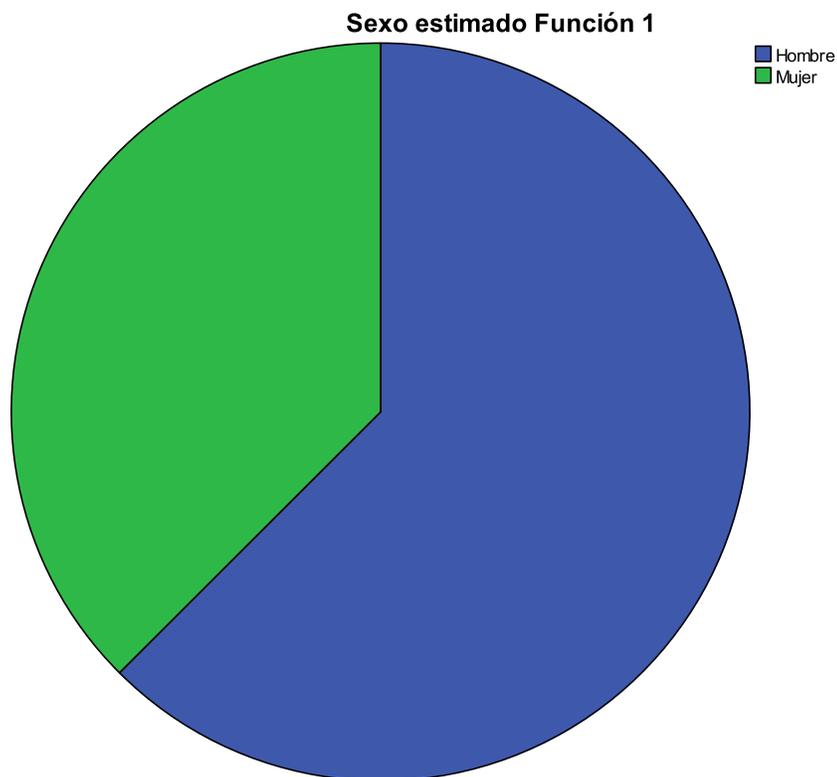


Gráfico 5.2. Frecuencia por sexo estimado. Función 1.

5.2.1.2.2. Función 2

La distribución de frecuencias por sexo luego de aplicar la función 2, que corresponde al diámetro horizontal de la cabeza, reportó una frecuencia por sexo de 11 hombres y 5 mujeres, que equivale a un 68,8% y 31,3% del total de la muestra estudiada respectivamente. Los resultados obtenidos difieren de los observados en el sexo documentado.

Función 2 (0.4681 x diámetro horizontal de la cabeza) - 20.3496			
Individuo	Punto de corte	Sexo documentado	Sexo asignado
CU007	0,775753	Hombre	Hombre
CU015	0,438721	Hombre	Hombre
CU017	0,0853055	Hombre	Hombre

CU045	1,1900215	Hombre	Hombre
CU053	2,5241065	Hombre	Hombre
CU055	2,4819775	Hombre	Hombre
CU059	1,6768455	Hombre	Hombre
CU066	1,1900215	Hombre	Hombre
CU067	-2,833298	Mujer	Mujer
CU091	0,593194	Hombre	Hombre
CU096	-2,1100835	Mujer	Mujer
CU103	1,693229	Hombre	Hombre
CU111	1,023846	Hombre	Hombre
CU121	-0,071508	Hombre	Mujer
CU128	-1,1598405	Mujer	Mujer
CU144	-0,2704505	Hombre	Mujer

Tabla 5.9. Resultados de la aplicación de la Función 2.

La tabla 5.10 muestra la distribución de frecuencias por sexo estimado luego de aplicar la función 2.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Hombre	11	68,8	68,8	68,8
	Mujer	5	31,3	31,3	100,0
	Total	16	100,0	100,0	

Tabla 5.10. Distribución de frecuencias por sexo estimado a través de la función 2 (Diámetro horizontal de la cabeza).

El gráfico 5.3 muestra la composición por sexo de la muestra total luego de aplicar la función 2 del método de Trancho *et al.* (1997).

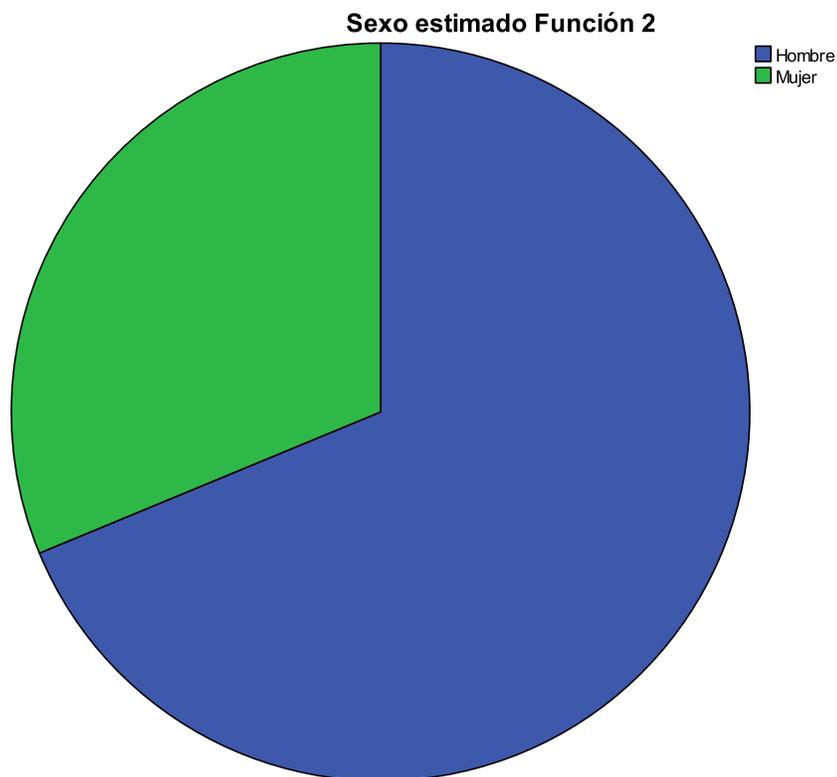


Gráfico 5.3. Frecuencia por sexo estimado. Función 2.

5.2.1.2.3. Función 3

La distribución de frecuencias por sexo luego de aplicar la función 3, que corresponde a la anchura epicondilar, reportó una frecuencia por sexo de 13 hombres y 3 mujeres, que equivale a un 81,3% y 18,8% del total de la muestra estudiada respectivamente. Los resultados obtenidos son iguales a los observados en el sexo documentado.

Función 3 (0.3757 x anchura epicondilar) - 28.4475			
Individuo	Punto de corte	Sexo documentado	Sexo asignado
CU007	2,904665	Hombre	Hombre
CU015	1,972929	Hombre	Hombre
CU017	0,0662515	Hombre	Hombre

CU045	3,2822435	Hombre	Hombre
CU053	2,498909	Hombre	Hombre
CU055	4,557745	Hombre	Hombre
CU059	3,5527475	Hombre	Hombre
CU066	3,3160565	Hombre	Hombre
CU067	-4,147224	Mujer	Mujer
CU091	0,725605	Hombre	Hombre
CU096	-1,844183	Mujer	Mujer
CU103	3,103786	Hombre	Hombre
CU111	3,272851	Hombre	Hombre
CU121	1,153903	Hombre	Hombre
CU128	-1,5680435	Mujer	Mujer
CU144	1,217772	Hombre	Hombre

Tabla 5.11. Resultados de la aplicación de la Función 3.

La tabla 5.12 muestra la distribución de frecuencias por sexo estimado luego de aplicar la función 3.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Hombre	13	81,3	81,3	81,3
	Mujer	3	18,8	18,8	100,0
	Total	16	100,0	100,0	

Tabla 5.12. Distribución de frecuencias por sexo estimado a través de la Función 3 (Anchura epicondilar).

El gráfico 5.4 muestra la composición por sexo de la muestra total luego de aplicar la función 3 del método de Trancho *et al.* (1997).

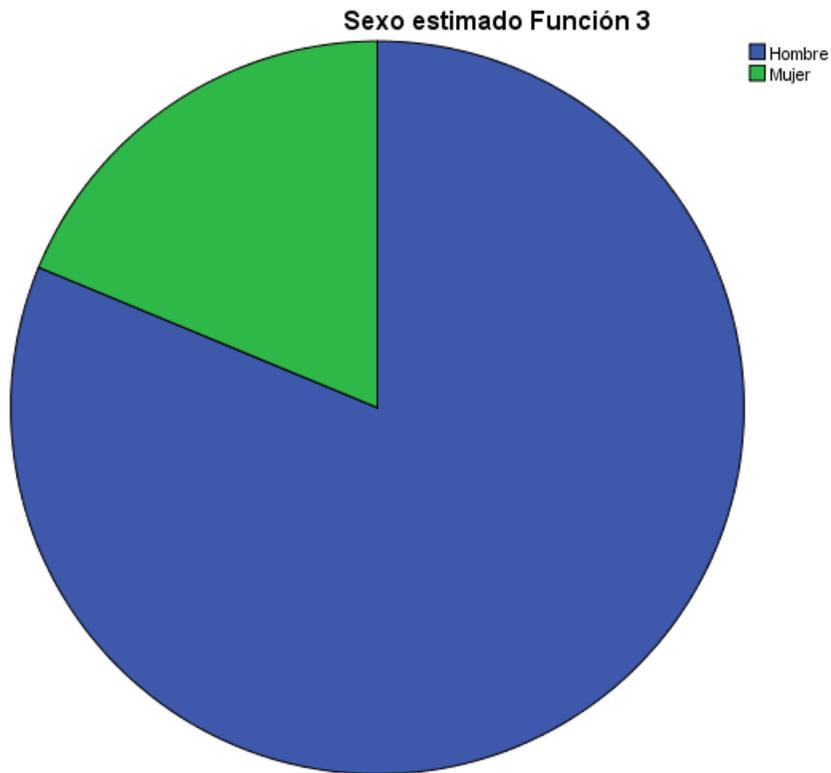


Gráfico 5.4. Frecuencia por sexo estimado. Función 3.

5.2.1.2.4. Función 4

La distribución de frecuencias por sexo luego de aplicar la función 4, que combina las variables diámetro vertical de la cabeza y anchura epicondilar, reportó una frecuencia por sexo de 12 hombres y 4 mujeres, que equivale a un 75% y 25% del total de la muestra estudiada respectivamente. Los resultados obtenidos difieren de los observados en el sexo documentado.

Función 4 ((0.1395 X diámetro vertical de la cabeza) + (0.3341 X anchura epicondilar)) - 31.4207			
Individuo	Punto de corte	Sexo documentado	Sexo asignado
CU007	2,79743	Hombre	Hombre
CU015	1,8900445	Hombre	Hombre
CU017	-0,0531255	Hombre	Mujer

CU045	3,2894405	Hombre	Hombre
CU053	2,7358295	Hombre	Hombre
CU055	4,69434	Hombre	Hombre
CU059	3,540455	Hombre	Hombre
CU066	3,2246495	Hombre	Hombre
CU067	-4,514297	Mujer	Mujer
CU091	1,0096125	Hombre	Hombre
CU096	-2,263989	Mujer	Mujer
CU103	3,154458	Hombre	Hombre
CU111	3,1576305	Hombre	Hombre
CU121	0,941994	Hombre	Hombre
CU128	-1,768023	Mujer	Mujer
CU144	0,9422935	Hombre	Hombre

Tabla 5.13. Resultados de la aplicación de la Función 4.

La tabla 5.14 muestra la distribución de frecuencias por sexo estimado luego de aplicar la función 4.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	1	12	75,0	75,0	75,0
	2	4	25,0	25,0	100,0
	Total	16	100,0	100,0	

Tabla 5.14. Distribución de frecuencias por sexo estimado a través de la Función 4 (DVCAB y ANCHEPI).

El gráfico 5.5 muestra la composición por sexo de la muestra total luego de aplicar la función 4 del método de Trancho *et al.* (1997).

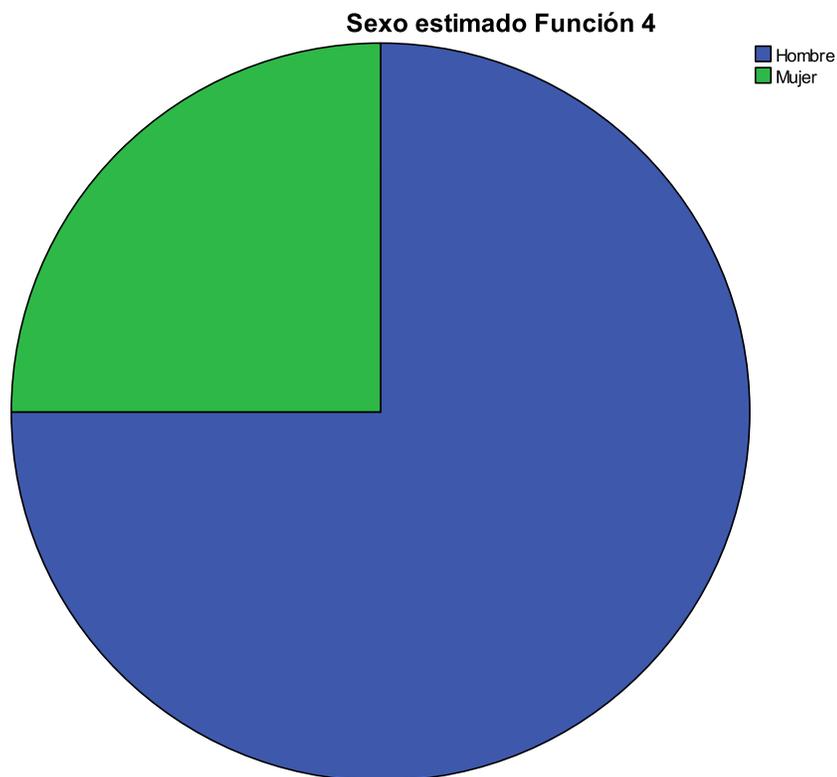


Gráfico 5.5. Frecuencia por sexo estimado. Función 4.

5.2.1.2.5. Función 5

La distribución de frecuencias por sexo luego de aplicar la función 5, que combina las variables diámetro horizontal de la cabeza y anchura epicondilar, reportó una frecuencia por sexo de 13 hombres y 3 mujeres, que equivale a un 81,3% y 18,8% del total de la muestra estudiada respectivamente. Los resultados obtenidos son iguales a los observados en el sexo documentado.

Función 5 $((0.1847 \times \text{diámetro horizontal de la cabeza}) + (0.3004 \times \text{anchura epicondilar})) - 30.7075$			
Individuo	Punto de corte	Sexo documentado	Sexo asignado
CU007	2,696391	Hombre	Hombre
CU015	1,818415	Hombre	Hombre
CU017	0,1544365	Hombre	Hombre

CU045	3,1617525	Hombre	Hombre
CU053	3,0618135	Hombre	Hombre
CU055	4,6913825	Hombre	Hombre
CU059	3,5701285	Hombre	Hombre
CU066	3,1887885	Hombre	Hombre
CU067	-4,366154	Mujer	Mujer
CU091	0,882038	Hombre	Hombre
CU096	-2,2393405	Mujer	Mujer
CU103	3,217615	Hombre	Hombre
CU111	3,088674	Hombre	Hombre
CU121	0,96222	Hombre	Hombre
CU128	-1,6436055	Mujer	Mujer
CU144	0,9347905	Hombre	Hombre

Tabla 5.15. Resultados de la aplicación de la Función 5.

La tabla 5.16 muestra la distribución de frecuencias por sexo estimado luego de aplicar la función 5:

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Hombre	13	81,3	81,3	81,3
	Mujer	3	18,8	18,8	100,0
	Total	16	100,0	100,0	

Tabla 5.16. Distribución de frecuencias por sexo estimado a través de la Función 5 (DHCAB y ANCHEPI).

El gráfico 5.6 muestra la composición por sexo de la muestra total luego de aplicar la función 5 del método de Trancho *et al.* (1997).

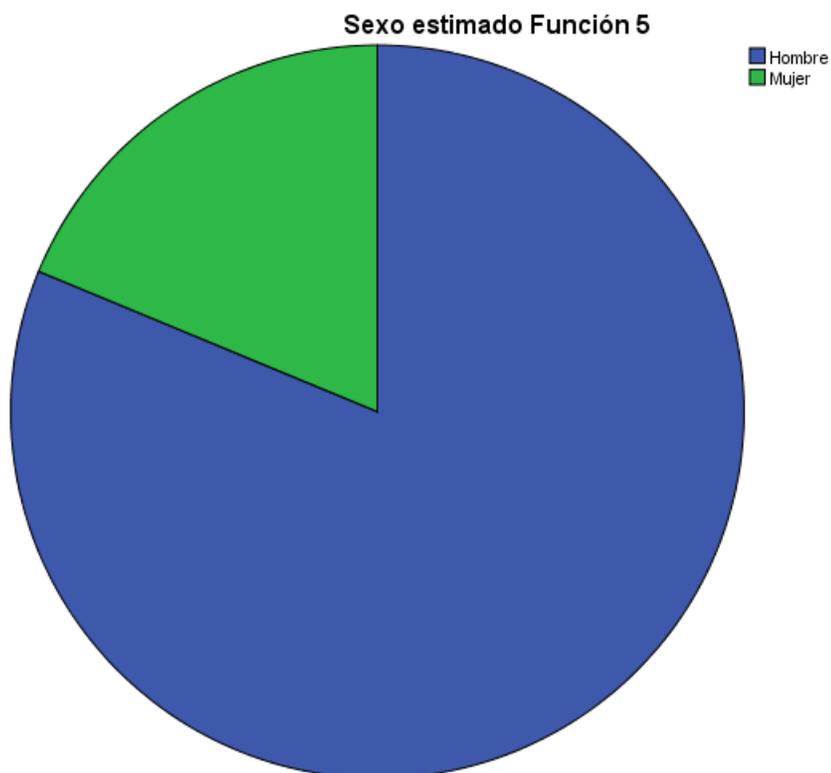


Gráfico 5.6. Frecuencia por sexo estimado. Función 5.

De acuerdo a los resultados anteriores, las funciones 3 y 5 tuvieron correspondencia con el sexo documentado, es decir, asignaron el sexo correctamente a los 16 individuos de la muestra estudiada. Todas las funciones asignaron correctamente el sexo a los individuos de sexo femenino, mientras que las funciones 1, 2 y 4 asignaron el sexo incorrectamente a algunos individuos de sexo masculino. Los porcentajes de clasificación correcta de cada una de las funciones discriminantes pueden verse en la tabla 5.17.

Funciones	Casos	Correspondencia		
		Sexo asignado correctamente		
		Hombre	Mujer	Muestra total
Función 1	16	76,92%	100%	81,25%
Función 2	16	84,62%	100%	87,5%
Función 3	16	100%	100%	100%
Función 4	16	92,31%	100%	93,75%
Función 5	16	100%	100%	100%

Tabla 5.17. Porcentaje de clasificación correcta de las funciones discriminantes.

5.2.2. Distribución de frecuencias por edad

La muestra está compuesta en su mayoría por adultos jóvenes. Los individuos fueron agrupados por rangos de edad de 5 años, cuya distribución quedó de la siguiente manera:

4 individuos (25%) tienen entre 20 y 24 años

1 individuo (6,3%) entre 25 y 29 años

1 individuo (6,3%) entre 30 y 34 años

3 individuos (18,8%) entre 35 y 39 años

1 individuo (6,3%) entre 40 y 44 años

1 individuo (6,3%) entre 45 y 49 años

1 individuo (6,3%) entre 50 y 54 años

4 individuos (25%) tienen más de 60 años.

La distribución por edad se expone en la siguiente tabla:

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos 20-24	4	25,0	25,0	25,0
25-29	1	6,3	6,3	31,3
30-34	1	6,3	6,3	37,5
35-39	3	18,8	18,8	56,3
40-44	1	6,3	6,3	62,5
45-49	1	6,3	6,3	68,8
50-54	1	6,3	6,3	75,0
60+	4	25,0	25,0	100,0
Total	16	100,0	100,0	

Tabla 5.18. Distribución de frecuencias por rangos de edad.

El gráfico 5.7 muestra la distribución de frecuencias por rangos etarios para la muestra total.

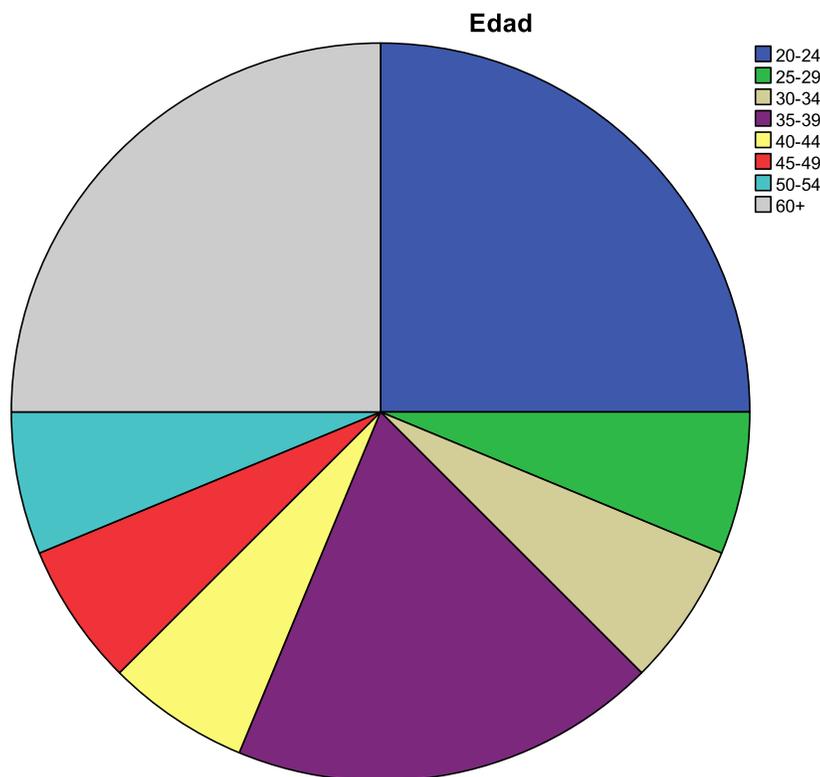


Gráfico 5.7. Composición de la muestra total por rangos de edad.

5.2.3. Distribución de frecuencias por edad y sexo

La distribución de frecuencias por edad y sexo se presenta en la siguiente tabla:

		Sexo		Total
		Hombre	Mujer	
Edad	20-24	4	0	4
	25-29	1	0	1
	30-34	1	0	1
	35-39	3	0	3
	40-44	0	1	1
	45-49	1	0	1
	50-54	0	1	1
	60+	3	1	4
Total		13	3	16

Tabla 5.19. Distribución de frecuencias por edad y sexo.

El gráfico 5.8 muestra la distribución de la edad según el sexo de los individuos que conforman la muestra:

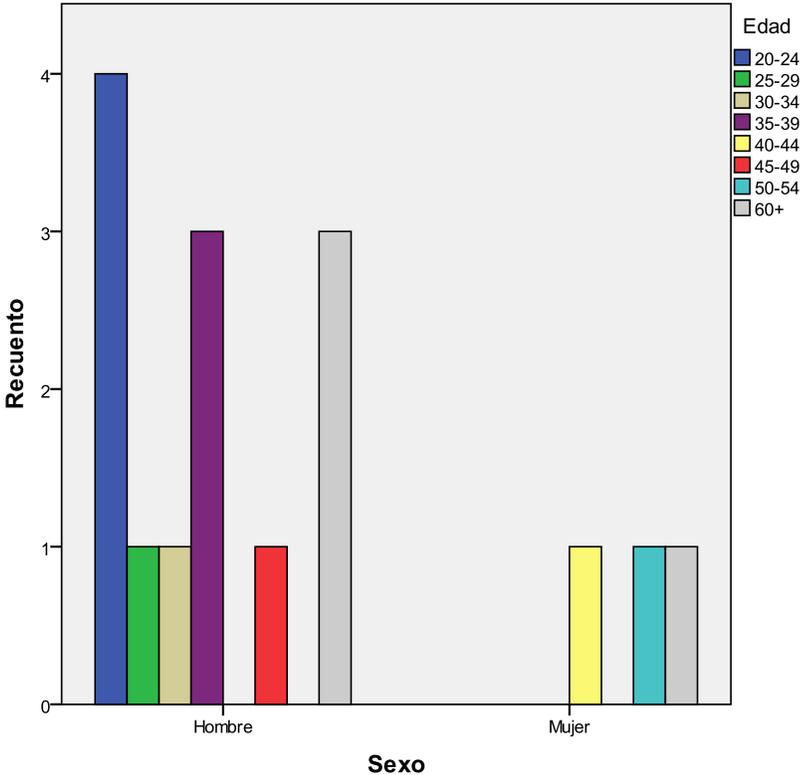


Gráfico 5.8. Distribución de frecuencias de la edad por sexo.

5.2.4. Clasificación de las funciones discriminantes por edad

En la tabla 5.17 (Ver pág. 76) se presentaron los porcentajes de clasificación correcta de las funciones discriminantes al estimar el sexo de los individuos de la muestra, donde las funciones 1, 2 y 4 asignaron el sexo incorrectamente en algunos individuos. A continuación, se presentan las frecuencias de la clasificación del sexo de estas tres funciones discriminantes por grupos de edad.

La función 1, correspondiente al diámetro vertical de la cabeza, asignó el sexo incorrectamente a 3 individuos de sexo masculino, dos de ellos con edades entre 20 y 24 años y un adulto mayor de más de 60 años.

		Clasificación DVCAB		Total
		Correcto	Incorrecto	
Edad	20-24	2	2	4
	25-29	1	0	1
	30-34	1	0	1
	35-39	3	0	3
	40-44	1	0	1
	45-49	1	0	1
	50-54	1	0	1
	60+	3	1	4
Total	13	3	16	

Tabla 5.20. Clasificación del sexo para la función 1 por grupos de edad.

El gráfico 5.9 ilustra la clasificación del sexo de la función 1 según los grupos de edad.

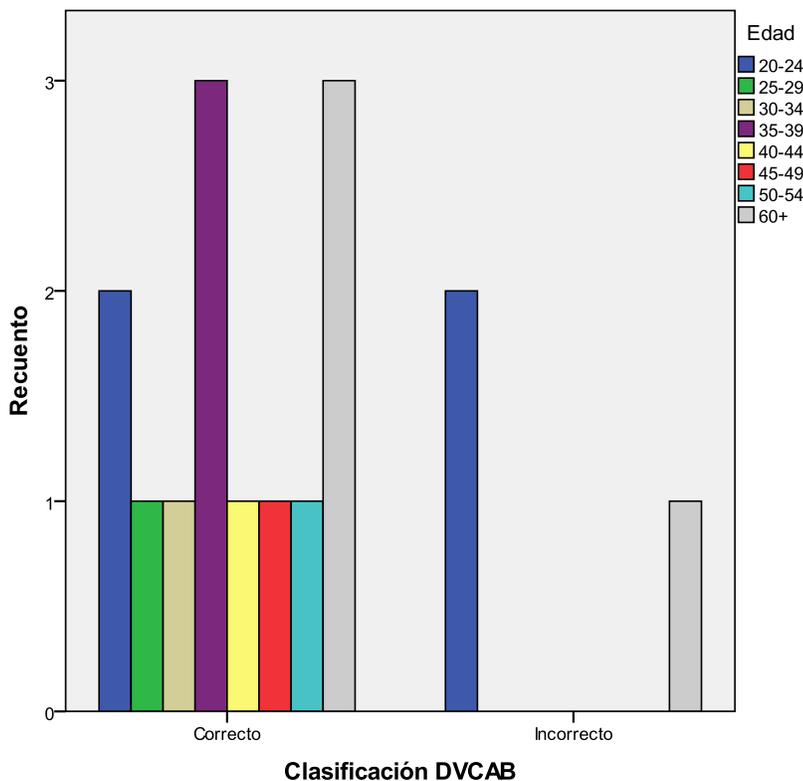


Gráfico 5.9. Clasificación del sexo de la función 1 por grupos de edad.

La función 2, correspondiente al diámetro horizontal de la cabeza, asignó el sexo incorrectamente a 2 individuos de sexo masculino, uno de ellos con una edad entre 20 y 24 años y un adulto mayor de más de 60 años.

		Clasificación DHCAB		Total
		Correcto	Incorrecto	
Edad	20-24	3	1	4
	25-29	1	0	1
	30-34	1	0	1
	35-39	3	0	3
	40-44	1	0	1
	45-49	1	0	1
	50-54	1	0	1
	60+	3	1	4
Total	14	2	16	

Tabla 5.21. Clasificación del sexo para la función 2 por grupos de edad.

El gráfico 5.10 ilustra la clasificación del sexo de la función 2 según los grupos de edad.

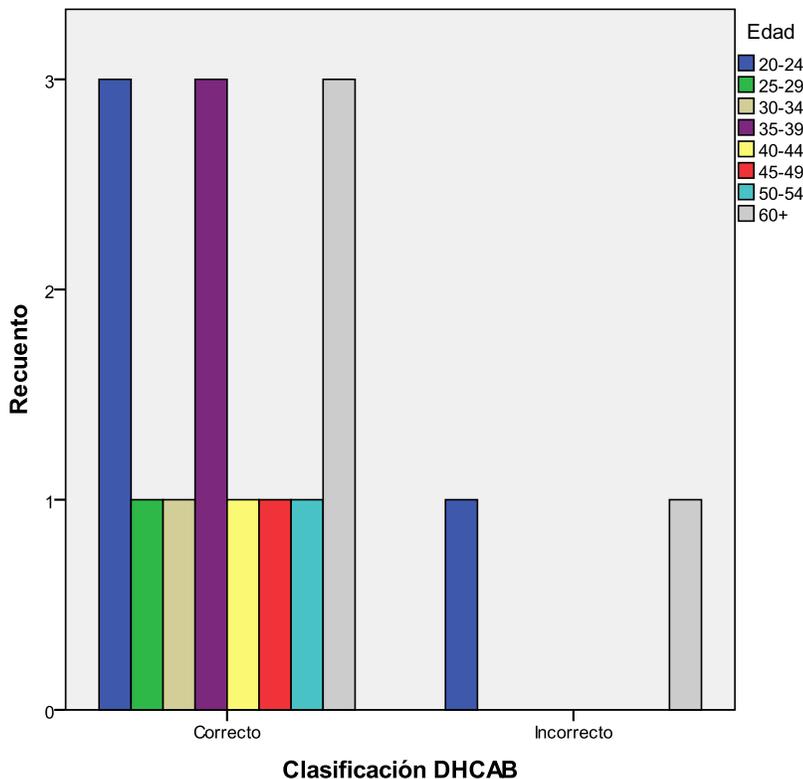


Gráfico 5.10. Clasificación del sexo de la función 2 por grupos de edad.

La función 4, que combina las variables diámetro vertical de la cabeza y anchura epicondilar, asignó el sexo incorrectamente a 1 individuo de sexo masculino con una edad entre 20 y 24 años.

		Clasificación DVCAB-ANCHEPI		Total
		Correcto	Incorrecto	
Edad	20-24	3	1	4
	25-29	1	0	1
	30-34	1	0	1
	35-39	3	0	3
	40-44	1	0	1
	45-49	1	0	1
	50-54	1	0	1
	60+	4	0	4
Total		15	1	16

Tabla 5.22. Clasificación del sexo para la función 4 por grupos de edad.

El gráfico 5.11 ilustra la clasificación del sexo de la función 4 según los grupos de edad.

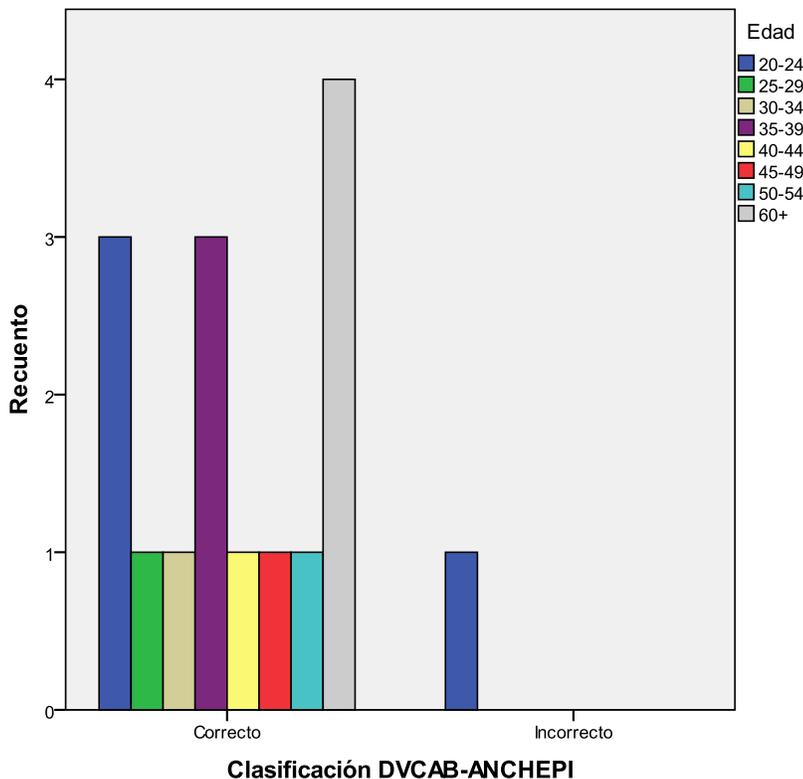


Gráfico 5.11. Clasificación del sexo de la función 4 por grupos de edad.

5.3. ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS

Tras la aplicación de estadísticos descriptivos, la caracterización morfométrica permite observar que en general la media y los valores máximo y mínimo son mayores en hombres que en mujeres para todas las variables, como puede apreciarse a continuación.

5.3.1. Diámetro vertical de la cabeza

El diámetro vertical de la cabeza presenta en hombres una media de 45,66 mm con un valor mínimo de 42,89 mm, un valor máximo de 48,49 mm y una desviación estándar de 1,73. En mujeres, esta variable presenta una media de 39,54 mm con un valor mínimo de 37,97 mm, un valor máximo de 41,22 y una desviación estándar de 1,63. La media y los valores máximo y mínimos son mayores en hombres que en mujeres. A su vez, los hombres se encuentran más dispersos que las mujeres en esta medida.

	Sexo							
	Hombre				Mujer			
	Media	Mínimo	Máximo	Desviación típica	Media	Mínimo	Máximo	Desviación típica
Diámetro vertical de la cabeza	45,66	42,89	48,49	1,73	39,54	37,97	41,22	1,63

Tabla 5.23. Estadísticos descriptivos del diámetro vertical de la cabeza por sexo.

El gráfico 5.12 presenta la comparación de los estadísticos descriptivos para el diámetro vertical de la cabeza entre hombres y mujeres.

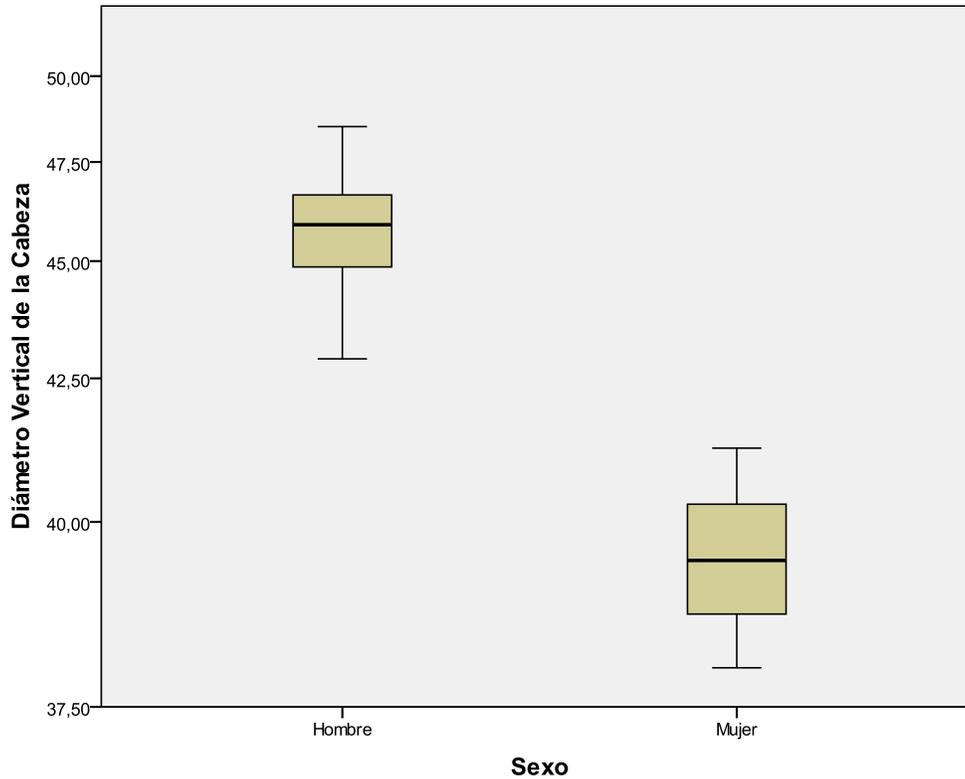


Gráfico 5.12. Caracterización del diámetro vertical de la cabeza.

5.3.2. Diámetro horizontal de la cabeza

El diámetro horizontal de la cabeza presenta en hombres una media de 45,66 mm con un valor mínimo de 42,90 mm, un valor máximo de 48,87 mm y una desviación estándar de 1,92. En mujeres, esta variable presenta una media de 39,13 mm con un valor mínimo de 37,42 mm, un valor máximo de 41 y una desviación estándar de 1,79. La media y los valores máximo y mínimo son mayores en hombres que en mujeres. Asimismo, los hombres se encuentran más dispersos que las mujeres en esta medida.

	Sexo							
	Hombre				Mujer			
	Media	Mínimo	Máximo	Desviación típica	Media	Mínimo	Máximo	Desviación típica
Diámetro horizontal de la cabeza	45,66	42,90	48,87	1,92	39,13	37,42	41	1,79

Tabla 5.24. Estadísticos descriptivos del diámetro horizontal de la cabeza por sexo.

El gráfico 5.13 presenta la comparación de los estadísticos descriptivos para el diámetro horizontal de la cabeza entre hombres y mujeres.

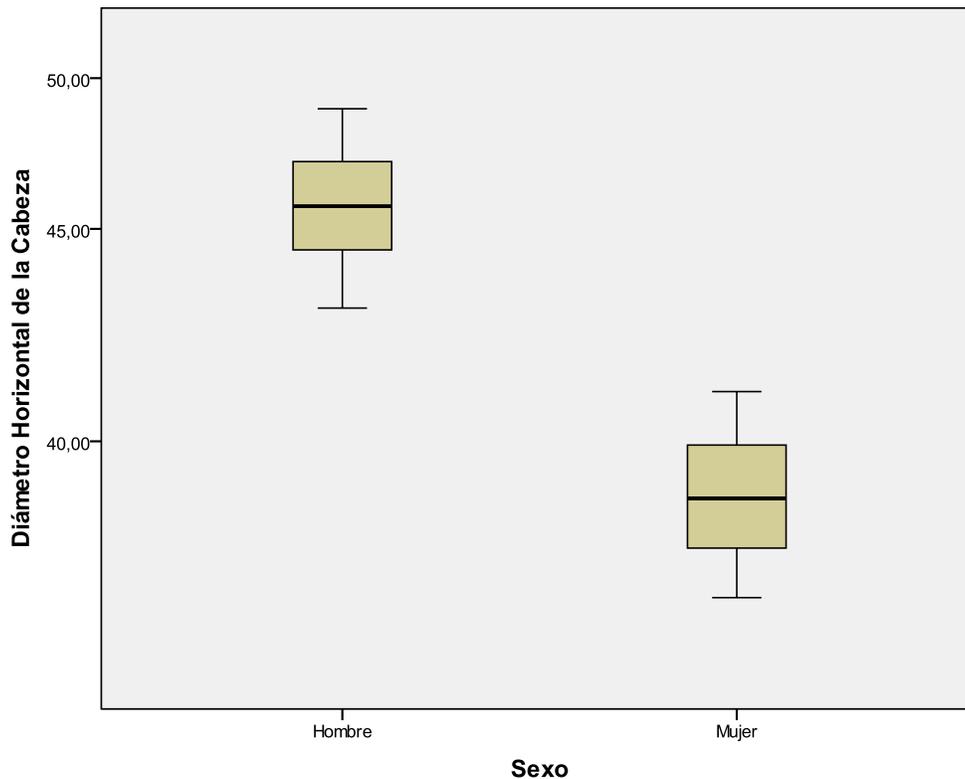


Gráfico 5.13. Caracterización del diámetro horizontal de la cabeza.

5.3.3. Anchura epicondilar

La anchura epicondilar presenta en hombres una media de 82,19 mm, con un valor mínimo de 75,90 mm, un valor máximo de 87,85 mm y una desviación

estándar de 3,48. En mujeres, esta variable presenta una media de 69,01 mm, un valor mínimo de 64,68 mm, un valor máximo de 71,55 mm y una desviación estándar de 3,77. La media y los valores máximo y mínimos son mayores en hombres que en mujeres. En esta ocasión, las mujeres se encuentran más dispersas que los hombres en esta medida.

	Sexo							
	Hombre				Mujer			
	Media	Mínimo	Máximo	Desviación Típica	Media	Mínimo	Máximo	Desviación Típica
Anchura epicondilar	82,19	75,90	87,85	3,48	69,01	64,68	71,55	3,77

Tabla 5.25. Estadísticos descriptivos de la anchura epicondilar por sexo.

El gráfico 5.14 presenta la comparación de los estadísticos descriptivos para la anchura epicondilar entre hombres y mujeres.

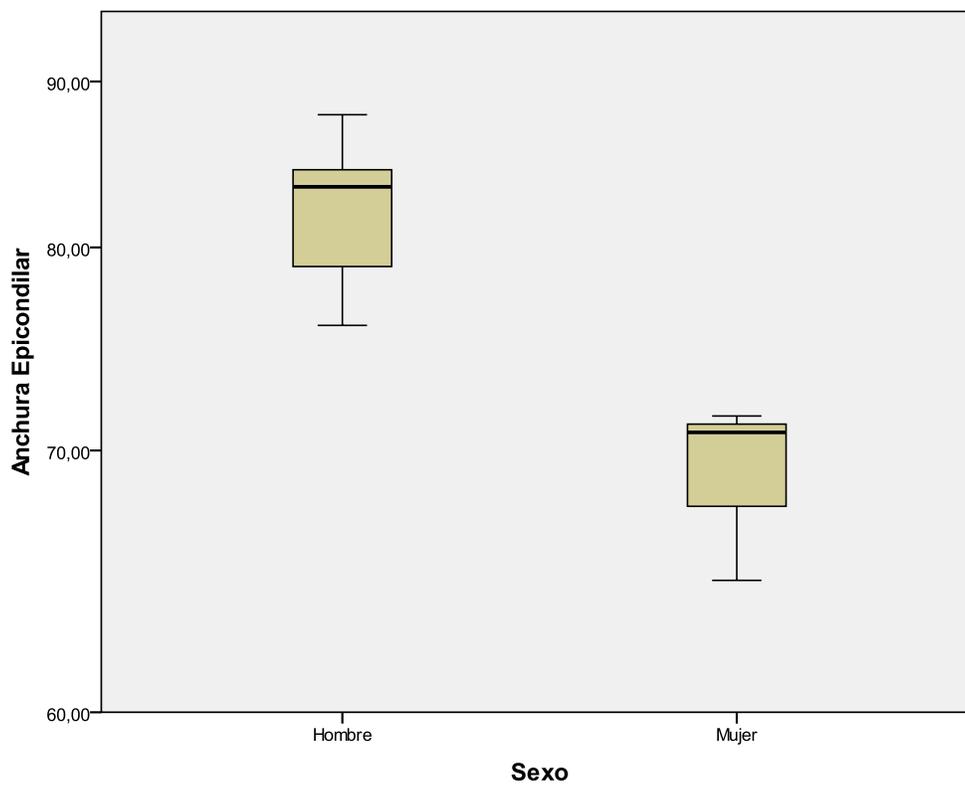


Gráfico 5.14. Caracterización de la anchura epicondilar.

6. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

El presente estudio analizó tres variables métricas del fémur en una muestra de 16 individuos esquelizados adultos. El reducido tamaño de la muestra fue precisamente el principal limitante para la realización de este trabajo, debido a que muchos fémures de la colección osteológica de referencia presentaban alteraciones tafonómicas en los puntos de medición de las epífisis y otros pertenecían a individuos subadultos, razón por la cual no se pudieron incluir en la muestra de estudio.

Otra de las limitantes presentadas fue la distribución desigual entre sexos, conformada en su mayoría por hombres, 13 en total, y sólo 3 mujeres. La disponibilidad del material esquelético siempre es un factor limitante, ya sea en contextos forenses o arqueológicos, pues casi nunca se hallan esqueletos completos, en buen estado de conservación o igual número de hombres y mujeres. Cabe aclarar entonces que los datos aquí presentados no pretenden reflejar las características del dimorfismo sexual de la población de la ciudad de Medellín, sino el de la muestra analizada, debido a que no es estadísticamente representativa.

Luego de llevar a cabo el análisis estadístico y la caracterización morfométrica, se evidenció la presencia de dimorfismo sexual en los fémures de los individuos que conforman la muestra, ya que se observaron en promedio valores mayores en hombres que en mujeres para las tres variables métricas analizadas. Asimismo, la desviación estándar observada no fue muy alta. En el caso del diámetro vertical de la cabeza y el diámetro horizontal de la cabeza, la desviación típica fue menor en mujeres que en hombres, debido al reducido número de éstas en la muestra de estudio. Sin embargo, la anchura epicondilar mostró mayor grado de dispersión en mujeres que en hombres. Esto se debe a la presencia de un *outlier* o valor atípico en uno de los individuos de sexo femenino, el cual no se descartó en primer lugar porque es un indicador de variabilidad individual y en segundo lugar porque no alteraba de manera significativa los resultados obtenidos.

Por otro lado, tras la aplicación de las funciones discriminantes desarrolladas por Trancho *et al.* (1997), se obtuvieron en los puntos de corte valores bastante alejados del límite de tolerancia, que es 0.0. Esto demuestra que, como lo han anotado algunos autores (Alemán *et al.*, 1999, Rosique *et al.*, 2004, Béguelin y González, 2011), las funciones discriminantes obtenidas de una población al ser aplicadas en otro grupo social suelen arrojar resultados distintos a los esperados, debido a que se trata de dos poblaciones biológicamente distintas, que se manifiesta en las diferencias estadísticas entre una y otra al emplear métodos de regresión lineal que utilizan funciones discriminantes.

Respecto a la precisión de las funciones discriminantes propuestas por el método, éstas alcanzaron distintos porcentajes de clasificación correcta del sexo al ser aplicadas en la muestra del presente trabajo. Mientras la función 3 que corresponde a la anchura epicondilar y la función 5 que combina la anchura epicondilar y el diámetro horizontal de la cabeza, asignaron el sexo correctamente a todos los individuos de la muestra (100%), las demás funciones tuvieron una menor correspondencia entre el sexo real y el sexo estimado. La función 1 que corresponde al diámetro vertical de la cabeza, asignó correctamente el sexo a 13 individuos (81,25%), la función 2 que corresponde al diámetro horizontal de la cabeza, estimó correctamente el sexo en 14 individuos (87,5%) y la función 4 que combina la anchura epicondilar y el diámetro vertical de la cabeza, estimó el sexo correctamente en 15 individuos (93,75%).

En este sentido, los resultados del presente estudio son similares a los conseguidos por Trancho *et al.* (1997), quienes observaron que la función correspondiente a la anchura epicondilar obtuvo el mayor porcentaje de precisión al estimar correctamente el sexo en el 97,56% de los individuos de la muestra. Por su parte, las funciones correspondientes a los diámetros vertical y horizontal de la cabeza, alcanzaron unos porcentajes de clasificación correcta de 81,25% y 87,5% de la muestra total respectivamente, porcentajes de clasificación mucho menores que el adquirido por la anchura epicondilar.

Estos resultados demuestran que la anchura epicondilar constituye un excelente discriminador sexual, ya que las funciones discriminantes que emplean esta variable obtuvieron los porcentajes más altos de clasificación correcta. Además, durante la caracterización morfométrica se observaron valores mayores en

hombres que en mujeres, lo cual corrobora que la variable más dimórfica del fémur corresponde a la anchura epicondilar, algo que ya se había observado en otros estudios realizados en fémur como los de Alumni-Perret *et al.* (2008), İşcan y Shihai (1995), Steyn e İşcan (1997) entre otros.

Cabe señalar también que las cinco funciones discriminantes estimaron correctamente el sexo de todos los individuos de sexo femenino, mientras que los sujetos a quienes se les asignó incorrectamente el sexo eran todos hombres. La función 1 que corresponde al diámetro vertical de la cabeza, estimó incorrectamente el sexo en tres hombres, la función 2 que corresponde al diámetro horizontal de la cabeza asignó incorrectamente el sexo a dos individuos masculinos y la función 4 que combina la anchura epicondilar y el diámetro vertical de la cabeza, estimó incorrectamente el sexo en un hombre. Aunque todas las funciones discriminantes clasificaron correctamente el sexo de todas las mujeres de la muestra, no se puede afirmar que su aplicación sea más eficaz en éstas debido a su baja representatividad.

Finalmente, al cruzar el porcentaje de clasificación correcta de las funciones discriminantes 1, 2 y 4 con la variable edad, se observó que los hombres a quienes se les asignó incorrectamente el sexo eran individuos gráciles, dos de ellos con una edad comprendida entre 20 y 24 años y un adulto mayor con más de 60 años. Aunque la edad no fue un factor determinante en el resultado de la clasificación del sexo en los individuos de la muestra, es posible que la gracilidad observada en dos de ellos esté relacionada con su juventud y el hecho de que no haya finalizado su maduración ósea; mientras que en el individuo mayor de 60 años, su gracilidad puede estar asociada a los procesos degenerativos de la edad y a la pérdida de densidad mineral ósea. Por lo tanto, si bien la edad no es un factor determinante, es posible que al menos en estos tres individuos exista cierta relación entre la asignación incorrecta del sexo y la etapa del ciclo vital en que se encuentran.

7. CONCLUSIONES

- Los resultados del presente estudio evidenciaron la presencia de dimorfismo sexual en los fémures de los individuos que conforman la muestra analizada. Los valores promedio, máximo y mínimo para el diámetro vertical de la cabeza, el diámetro horizontal de la cabeza y la anchura epicondilar fueron mayores en hombres que en mujeres.
- Las diferencias sexuales observadas en el fémur son producto de la acción directa de factores genéticos ligados a la actividad hormonal, que pueden estar determinados a su vez por factores ambientales relacionados con la actividad física y las fuerzas biomecánicas que inciden sobre él, ya que este hueso soporta gran parte del peso corporal de un individuo.
- Luego de aplicar las funciones discriminantes desarrolladas por el método de Trancho *et al.* (1997), se obtuvieron valores en los puntos de corte bastante alejados del límite de tolerancia, que es 0.0. Esto significa que la población española (a partir de la cual se consiguieron las fórmulas) y la población colombiana son biológicamente distintas.
- Las funciones discriminantes de la epífisis proximal, que corresponden al diámetro vertical de la cabeza y el diámetro horizontal de la cabeza obtuvieron porcentajes de clasificación correcta del sexo cercanos al 90%. Por su parte, la función que corresponde a la anchura epicondilar estimó correctamente el sexo en todos los individuos de la muestra (100%).
- Con base en el porcentaje de efectividad de las funciones discriminantes, la anchura epicondilar constituye la variable métrica más dimórfica del fémur, no sólo porque las funciones discriminantes que emplean esta variable tuvieron una mayor correspondencia entre el sexo real y el sexo estimado, sino también porque los estadísticos descriptivos para esta dimensión ósea reportaron valores más altos en hombres que en mujeres.

- Los resultados obtenidos en el presente estudio fueron similares a los conseguidos por Trancho *et al.* (1997), quienes también observaron que la función correspondiente a la anchura epicondilar obtuvo el mayor porcentaje de clasificación correcta del sexo.
- Los individuos a quienes se les asignó incorrectamente el sexo eran todos hombres, mientras que todas las funciones discriminantes clasificaron correctamente el sexo de la totalidad de las mujeres de la muestra. Sin embargo, no se puede afirmar con certeza que el método sea más eficaz en éstas debido a su baja representatividad y al pequeño tamaño de la muestra.
- Si bien no existe correlación entre la edad y la clasificación correcta del sexo a través de la aplicación de las funciones discriminantes, es posible que la edad haya tenido cierta incidencia en los tres individuos masculinos a quienes se les asignó incorrectamente el sexo, ya que dos de ellos son individuos jóvenes y el otro un adulto mayor.
- En términos generales, el método de Trancho *et al.* (1997) es útil para estimar el sexo en individuos esqueletizados de población colombiana. Se recomienda especialmente el uso de la función discriminante que emplea la anchura epicondilar.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEMÁN, I., BOTELLA, M. C., DU SOUICH HENRICI, P. (1999). "Aplicación de las funciones discriminantes en la determinación del sexo". En: *Estudios de Antropología Biológica*, Vol. 11, 221-230.

ALEMAN, I., BOTELLA, M., & VICIANO, J. (2013). *Recomendaciones en Antropología Forense*. Asociación Española de Antropología y Odontología Forense.

ALUMNI-PERRET, V., STACCINI, P., QUATREHOMME, G. (2008). "Sex determination from the distal part of the femur in a French contemporary population". En: *Forensic Science International*, 175(2), 113-117.

BASS, W. M. (2005). *Human osteology. A laboratory and field manual* (3. ed.). Missouri Archaeological Society.

BÉGUELIN, M., & GONZÁLEZ, P. N. (2008). "Estimación del sexo en poblaciones del sur de Sudamérica mediante funciones discriminantes para el fémur". En: *Revista Argentina de Antropología Biológica*, 10(2), 55-70.

BÉGUELIN, M., LOTTO, F. P., & GONZÁLEZ, P. N. (2011). "Estimación del sexo en cazadores-recolectores de Sudamérica a partir de variables métricas del húmero". En: *Intersecciones en Antropología*, 12(1), 61-68.

BIDMOS, M. A., STEINBERG, N., & KUYKENDALL, K. L. (2005). "Patella measurements of South African whites as sex assessors". En: *HOMO-Journal of Comparative Human Biology*, 56(1), 69-74.

BROOKS, S., & SUCHEY, J. M. (1990) "Skeletal age determination based on the os pubis: A comparison of the Acsadi-Nemeskeri and Suchey-Brooks methods". *Human Evolution* 5, 227-238.

BURNS, K. R. (2008). *Manual de Antropología Forense* (2. Ed.). Bellaterra. Barcelona.

CAMPILLO, D., & SUBIRÀ, E. (2004). *Antropología Física para arqueólogos* (1. Ed.). Ariel. Barcelona.

CATTANEO, C. (2007). "Forensic Anthropology: developments of a classical discipline in the new millennium". En: *Forensic Science International*, 165(2), 185-193.

CELBIS, O., & AGRITMIS, H. (2006). "Estimation of stature and determination of sex from radial and ulnar bone lengths in a Turkish corpse sample". En: *Forensic science international*, 158(2), 135-139.

COMAS, J. (1966). *Manual de Antropología Física* (2. Ed.). Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Investigaciones Históricas. Sección de Antropología. México.

DALY, R. (2007). "The Effect of Exercise on Bone Mass and Structural Geometry during Growth". En: DALY R., PETIT, M. (Eds.): *Optimizing Bone Mass and Strength. The Role of Physical Activity and Nutrition during Growth*. Med Sport Sci. Basel, Karger, vol. 51, 33–49.

DIGANGI, E. A., & MOORE M. K. (Eds.). (2012). *Research Methods in Human Skeletal Biology*. Academic Press.

DUTOUR, O., & PALFI, G. (2005). "Paleopatología humana". En: REBATO E., SUSANNE C., CHIARELLI B. (Eds.). *Para comprender la Antropología Biológica*. Editorial Verbo Divino. Navarra (España). 161-170.

ESCORCIA, L., LAZCANO, E., & GARCÍA, B. (2007). "Determinación de sexo a través de funciones discriminantes de la rótula en esqueletos humanos contemporáneos provenientes de Caltimacán, Tasquillo, Hidalgo". En: *Estudios de Antropología Biológica*, 13(1), 135-145.

FLEISS, J. (1981). *Statistical methods for rates and proportions*. (2. Ed.). John Wiley and Sons, New York, 212-225.

GARRIDO-VARAS, C., THOMPSON, T., & CAMPBELL, A. (2014). "Parámetros métricos para la determinación de sexo en restos esqueléticos chilenos modernos". En: *Chungará (Arica)*, 46(2), 285-294.

GEA, J. (2008). "La especie humana: un largo camino para el sistema respiratorio". En: *Archivos de Bronconeumología*, 44(5), 263-270.

GENESSER, F. (1998). *Atlas de histología* (1. Ed.). Editorial Médica Panamericana S.A.

GONZÁLEZ, P., BERNAL, V., & BARRIENTOS, G. (2005). "Estimación del dimorfismo sexual en el esqueleto pélvico y mandibular de individuos subadultos: comparación de técnicas visuales y de morfometría geométrica". En: *Werken*, (006), 49-61.

GUEDE, D., GONZÁLEZ, P., & CAEIRO, J. R. (2013). "Biomecánica y hueso (I): Conceptos básicos y ensayos mecánicos clásicos". En: *Revista de Osteoporosis y Metabolismo Mineral*, 5 (1), 43-50.

HERNÁNDEZ, P. O. (1998). "Los problemas metodológicos de los trabajos de Osteología Antropológica". En: *Estudios de Antropología Biológica*, 8. 97-104.

ISAZA, J. & MONSALVE, T. (2011). "Características biológicas de la colección osteológica de referencia de la universidad de Antioquia". En: *Boletín de Antropología*. Universidad de Antioquia, Vol. 25 No. 42, 287-302.

İŞCAN, M. Y., & SHIHAI, D. (1995). "Sexual dimorphism in the Chinese femur". En: *Forensic science international*, 74(1), 79-87.

JIMÉNEZ, J. M. (2009). "Discriminación del sexo en una población medieval del sur de la Península Ibérica". En: *Cuadernos de Prehistoria y Arqueología de la Universidad de Granada*, 19, 463-477.

JIMÉNEZ-BROBEIL, S. A., AI OUMAOU, I., & ESQUIVEL, J. A. (2004). "Actividad física según sexo en la cultura argárica. Una aproximación desde los restos humanos". En: *Trabajos de Prehistoria*, 61(2), 141-153.

JURMAIN R., NELSON H., KILGORE, L., TREVATHAN, W. (2009). *Essentials of Physical Anthropology* (7. Ed.). Wadsworth. USA.

KRENZER, U. (2006). *Compendio de Métodos Antropológico Forenses para la reconstrucción del perfil Osteobiológico*. CAFCA. Ciudad de Guatemala.

LOVEJOY, C. O., MEINDL, R. S., PRYZBECK, T. R., and MENSFORTH, R. P. (1985) "Chronological metamorphosis of the auricular surface of the ilium: A new method for the determination of adult skeletal age at death". En: *American Journal of Physical Anthropology* 68, 15–28

MAZZA, B., & BÉGUELIN, M. (2013). "Determinación sexual de los entierros secundarios del sitio arqueológico Cerro Lutz mediante funciones discriminantes de huesos largos". En: *Cuadernos del Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano–Series Especiales*, 1(1), 121-134.

MORAGA, M., ASPILLAGA, E., SANTORO, C., STANDEN, V., CARVALLO, P., & ROTHHAMMER, F. (2001). "Análisis de ADN mitocondrial en momias del norte de Chile avala hipótesis de origen amazónico de poblaciones andinas". En: *Revista chilena de historia natural*, 74(3), 719-726.

OSUNA, J. A. (2003). "Hormonas sexuales y hueso". En: *Revista Venezolana de Endocrinología y Metabolismo*, 1(1), 9-16.

PEÑA, F. (1982). "Hacia la construcción de un marco teórico para la Antropología Física". En: *Estudios de Antropología Biológica*, 1(1), 65-74.

RANIERI, J. M., OYHENART, E. E., & RODRIGO, M. A. (1999). "Influencia de la nutrición sobre la diferenciación sexual". En: *Revista Argentina de Antropología Biológica*, 2(1), 123-134.

RÍOS FRUTOS, L. (2003). "Brief communication: Sex determination accuracy of the minimum supero-inferior femoral neck diameter in a contemporary rural Guatemalan population". En: *American journal of Physical Anthropology*, 122(2), 123-126.

RODRÍGUEZ, J. V. (2004). *La Antropología Forense en la identificación humana*. Bogotá. Universidad Nacional de Colombia.

RODRÍGUEZ FLÓREZ, C. (2004). "La Antropología Dental y su importancia en el estudio de los grupos humanos prehispánicos". En: *Revista de Antropología experimental*, (4), 1-7.

ROSIQUE, J., OSPINA, C., & GALLEGO, P. (2004). "Estudio cuantitativo del dimorfismo sexual en restos óseos de la población de Medellín". En: *Actual Biol*, 26(80), 50-59.

SANABRIA, C. (2011). *Dimorfismo sexual en columna vertebral*. Tesis doctoral. Laboratorio de Antropología Física. Universidad de Granada.

ŠLAUS, M., STRINOVIĆ, D., ŠKAVIĆ, J., PETROVEČKI, V. (2003). "Discriminant function sexing of fragmentary and complete femora: standards for contemporary Croatia". En: *Journal of Forensic Sciences*, 48(3), 509-512.

STEYN, M., & İŞCAN, M. Y. (1997). "Sex determination from the femur and tibia in South African whites". En: *Forensic Science International*, 90(1), 111-119.

TOMÁS CARDOSO, R. (2013). "Antropología Física o Biología Humana: ¿un debate cerrado?". En: *Antropo*, (29), 69-84.

TORRES, M. F., OYHENART, E. E., DAHINTEN, S. L., CARNESE, F. R., & PUCCIARELLI, H. M. (1999). "Crecimiento y desarrollo de una población infanto juvenil de la provincia de Chubut". En: *Revista Argentina de Antropología Biológica*, 2(1), 107-122.

TRANCHO, G., ROBLEDO, B., LÓPEZ-BUEIS, I., SÁNCHEZ, J. (1997). "Sexual determination of the femur using discriminant functions. Analysis of a Spanish population of known sex and age". En: *Journal of Forensic Sciences*, 42(2), 181-185.

VARGAS, L., RAMÍREZ, M., & FLORES, L. (1973). "El dimorfismo sexual en fémures mexicanos modernos". En: *Anales de Antropología* Vol. 10, 329-336.

VILLANUEVA, M., SERRANO, C., & VERA, J. (1999). *Cien años de Antropología física en México: inventario bibliográfico*. UNAM.

VILLARREAL, J. Á., DÍAZ, E. P., ACEVEDO, L. B., SAUCEDO, R., GARCÍA, S. V., CÓRDOBA, N., & VÁSQUEZ, A. (2012). "Relación que las hormonas sexuales y la densidad mineral ósea tienen con el tejido adiposo del hombre". En: *Rev Mex Reprod*, 4(4), 159-163.

WEISS, P. (1961). "Osteología Cultural. 2do. Libro. Prácticas Cefálicas: a) Deformaciones Intencionales de la Cabeza. b) Paleopatología". En: *Anales de la Facultad de Medicina* Vol. 44, No. 2, 133-276.

WHITE, T. D., BLACK, M. T., & FOLKENS, P. A. (2012). *Human osteology* (Third Edition). Academic press.

WILMORE, J. H., & COSTILL, D. L. (2004). *Fisiología del esfuerzo y del deporte*. Editorial Paidotribo.

ZAMAKONA, G., & LAGRANGE, H. (2007). "Craneología indígena de Venezuela. Cráneos no deformados y deformados. La Pica, Estado Aragua, Venezuela". En: *Revista de la Sociedad Venezolana de Historia de la Medicina*, 56(1-2), 70-84.

FUENTES WEB CONSULTADAS:

ALCALDÍA DE MEDELLÍN (2010). Perfil Sociodemográfico 2005 – 2015 Total Medellín.

Disponible en:

<http://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/wpccontent/Sites/Subportal%20del%20Ciudadano/Planeaci%C3%B3n%20Municipal/Secciones/Indicadores%20y%20Estad%C3%ADsticas/Documentos/Proyecciones%20de%20poblaci%C3%B3n%202005%20-%202015/Perfil%20Demografico%202005-2015%20Total%20Medellin.pdf>

(Consultado el 1 de Octubre de 2014).

ALCALDÍA DE MEDELLÍN (2014). Datos generales.

<http://www.medellin.gov.co/irj/portal/visitantes?NavigationTarget=navurl://77dfcedc6ca49e88aa8db85caa77ce82>

(Consultado el 1 de Octubre de 2014).

9. ANEXOS

REGISTRO DE DATOS

Sesión 1			
Fecha: Noviembre 20 de 2014			
Nombre del evaluador: Luis Alfredo Giraldo			
Individuo	Diámetro vertical de la cabeza (mm)	Diámetro horizontal de la cabeza (mm)	Anchura epicondilar (mm)
CU007	45,18	44,86	83,23
CU015	45,34	44,96	81
CU017	43,07	43,58	76,04
CU045	46,52	45,94	84,3
CU053	47,66	48,84	82,46
CU055	48,35	48,85	87,92
CU059	46,64	47,09	85,18
CU066	45,64	45,98	84,59
CU067	38,04	37,44	64,45
CU091	46,42	44,65	77,86
CU096	39,31	38,95	70,97
CU103	46,88	47,11	84,06
CU111	45,67	45,64	84,48
CU121	43,35	43,31	78,95
CU128	41,25	40,98	71,6
CU144	42,91	42,89	79,12

REGISTRO DE DATOS

Sesión 2			
Fecha: Noviembre 21 de 2014			
Nombre del evaluador: Luis Alfredo Giraldo			
Individuo	Diámetro vertical de la cabeza (mm)	Diámetro horizontal de la cabeza (mm)	Anchura epicondilar (mm)
CU007	45,68	45,4	83,67
CU015	44,39	43,86	80,94
CU017	43,11	43,73	75,75
CU045	46,58	46,09	84,61
CU053	47,49	48,89	82,28
CU055	48,63	48,7	87,78
CU059	46,61	47,02	85,17
CU066	46,1	46,05	84,5
CU067	37,9	37,4	64,91
CU091	46,59	44,83	77,44
CU096	39,53	38,98	70,65
CU103	46,56	47,07	83,9
CU111	45,66	45,68	84,38
CU121	43,23	43,33	78,63
CU128	41,18	41,01	71,49
CU144	42,86	42,9	78,8