

**MODELO MULTIVARIANTE PARA LA ESTIMACIÓN DEL DIMORFISMO  
SEXUAL EN HÚMERO EN UNA MUESTRA OSTEOLÓGICA DE LA CIUDAD DE  
MEDELLÍN**

**OLGA CECILIA LONDOÑO URIBE**

**Trabajo de grado para optar al título de:**

**Antropóloga**

**Asesora:**

**Timisay Monsalve Vargas, Ph.D**

**Antropóloga**

**Universidad de Antioquia**

**Facultad de Ciencias Sociales y Humanas**

**Departamento de Antropología**

**Medellín**

**2017**

## **DEDICATORIA**

A Naty, Natacha, Muñeco, Pirulino, Negro y Blanco.

¡Amigos inseparables! 😊😊😊

## **AGRADECIMIENTOS**

Ante todo, quiero expresar mis más sinceros agradecimientos a la profesora Timisay Monsalve. Persona me acogió académicamente desde mis primeros semestres y que dedicó gran parte de su valioso tiempo para enseñarme estudiar.

Profe, Infinitas gracias por su paciencia, y sobre todo por permitirme trabajar en el Laboratorio de Osteología Antropológica. En este lugar tan tranquilo, apasionante y lleno de vida, comprendí la real importancia de la investigación osteológica, de la investigación básica. Gracias a usted tuve la fortuna de tener excelente formación académica. Mil gracias.

También deseo expresar mis agradecimientos a mis padres León A. Londoño y Maria Piedad Uribe que siempre, siempre me han apoyado.

Gracias a mis muchos hermanos: Alejandro, Astrid, Santiago, pero en especial le agradezco inmensamente a León Uribe Y Gloria Uribe, ustedes se embarcaron conmigo en este sueño y siempre me ayudaron sin importar que tan lejos fuera a llegar. Nunca olvidaré que todos ustedes, me han colaborado y que desde que inicié mi carrera han estado presente en todo momento.

Agradezco a Liliana Bernal por ayudarme con el desarrollo de esta investigación. Lili, gracias por compartir tu conocimiento y hacer de esta tesis un gran trabajo.

De igual manera, deseo expresar mis agradecimientos al Cementerio San Pedro y el Cementerio Universal. Producto del convenio con el laboratorio de Osteología Antropológica de la Universidad de Antioquia, he podido tener una muestra representativa para la elaboración de mi trabajo de grado.

Muchas gracias al Centro de Investigaciones Sociales y Humanas CISH de la Universidad de Antioquia. Gracias a su apoyo, he tenido la oportunidad de presentar los resultados de este

trabajo en XVI Congreso de Antropología en Colombia y el V Congreso de la Asociación Latinoamericana de Antropología realizado en el mes de junio del presente año.

# ÍNDICE GENERAL

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	11
<b>ANTECEDENTES</b> .....	16
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</b> .....	25
<b>CAPÍTULO TEÓRICO</b> .....	28
Capítulo I .....	28
Miembro superior: El Húmero.....	28
Capítulo II: Dimorfismo sexual .....	32
Dimorfismo y nutrición.....	35
Dimorfismo y evolución .....	35
Capítulo III: Métodos para el dimorfismo sexual .....	39
Método métrico.....	39
Método no métrico .....	40
<b>METODOLOGÍA</b> .....	42
Muestra: .....	42
Diseño estadístico .....	43
Materiales:.....	43
Procesos: .....	44
Operacionalización de las variables.....	45
Técnicas analíticas .....	46
Clasificación .....	47
<b>RESULTADOS</b> .....	48
<b>DISCUSIÓN</b> .....	62
<b>CONCLUSIONES</b> .....	68
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	74
<b>ANEXOS</b> .....	86

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Operacionalización de las variables independientes.....	45
<b>Tabla 2.</b> Resumen de proceso del caso de análisis.....	51
<b>Tabla 3.</b> Estadísticas de grupo.....	52
<b>Tabla 4.</b> Prueba de igualdad de medias de grupos .....	53
<b>Tabla 5.</b> Prueba de kolmogorov-smirnov para una muestra .....	54
<b>Tabla 6.</b> Resultados de prueba- m de box .....	54
<b>Tabla 7.</b> Variables entradas/eliminadasa,b,c,d.....	55
<b>Tabla 8.</b> Variables en el análisis.....	56
<b>Tabla 9.</b> Variables no utilizadas en el análisis .....	57
<b>Tabla 10.</b> Autovalores .....	58
<b>Tabla 11.</b> Lambda de wilks .....	58
<b>Tabla 12.</b> Coeficientes de la función discriminante canónica.....	59
<b>Tabla 13.</b> Coeficientes de función discriminante canónica estandarizadas .....	59
<b>Tabla 14.</b> Funciones en centroides de grupo.....	59
<b>Tabla 15.</b> Puntos de corte: modelo de calcificación general para el húmero.....	60
<b>Tabla 16.</b> Fórmula para estimar dimorfismo sexual en húmero .....	60
<b>Tabla 17.</b> Resultados de clasificación a,c .....	61
<b>Tabla 18.</b> Ficha para el registro de los datos.....	86

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Esqueleto de la región del brazo del embrión cix, vista lateral. X 12 diámetros. Tiene alrededor de cinco semanas de edad. Imagen tomada de lewis (1901).....	18
<b>Figura 2.</b> Etapas de maduración del húmero. Imagen tomada de: baker, et al (2005).....	22
<b>Figura 3.</b> Miembro superior. Imagen tomada de: scheuer & black (2004).....	28
<b>Figura 4.</b> Húmero derecho. Vista posterior (izquierda), anterior (derecha). Colección de osteología antropológica.....	29
<b>Figura 5.</b> Húmero derecho. Vista anterior. Colección de osteología antropológica.....	30
<b>Figura 6.</b> Húmero derecho. Vista anterior. Colección de osteología antropológica.....	30
<b>Figura 7.</b> Húmero derecho. Vista anterior colección de osteología antropológica.....	31
<b>Figura 8.</b> Húmero derecho. Vista posterior. Colección de osteología antropológica.....	31
<b>Figura 9 .</b> Caracteres no métricos del húmero para diferencia sexual. Tomado de: vance, et al. (2011).....	41
<b>Figura 10.</b> Medidas tomada de: moore-jansen, & jantz. (1994). .....	45
<b>Figura 11.</b> Diagrama de dispersión amplitud epicondilar y longitud máxima.....	49
<b>Figura 12.</b> Diagrama de dispersión diámetro vertical de la cabeza y el diámetro máximo del eje intermedio. ....	50
<b>Figura 13.</b> Diagrama de dispersión diámetro vertical de la cabeza y el diámetro máximo del eje intermedio. ....	50

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

**AD** - Análisis discriminante

**mm** – Milímetros

**LongMáx** - Longitud máxima del húmero

**AmplEpicondilar** - Longitud epicondilar del húmero

**DíamVertiCabeza** - Diámetro máximo de la cabeza del húmero

**DíamMáxejeIntermedio** - Diámetro máximo del eje intermedio del húmero

**DíamMínejeintermedio** - Diámetro mínimo del eje intermedio del húmero

## **RESUMEN**

En el marco del conflicto armado la desaparición forzada en el país y en Antioquia que ocupa el primer puesto, ha contribuido al aumento de cuerpos no identificados encontrados principalmente en fosas. En este aspecto, la estimación del sexo del esqueleto humano es básico en la reconstrucción del perfil biológico del individuo desconocido. Debido a la inexistencia de métodos locales, los investigadores forenses utilizan métodos internacionales para la identificación humana; proceso lento y dificultoso, debido a la variabilidad poblacional expresada en las características de forma y de tamaño específicas de cada individuo que cambian a lo largo del ciclo vital. Por lo anterior y teniendo presente que el húmero es uno de los huesos que más se conserva de los efectos tafonómicos, este estudio buscó establecer los indicadores multivariantes de tamaño y forma que estimaran con mayor precisión el dimorfismo sexual en el húmero.

En la colección de referencia del laboratorio de Osteología Antropológica de la Universidad de Antioquia, se tomaron las medidas del húmero. Con el modelo estadístico discriminante de inclusión por pasos, se seleccionaron las mejores medidas para la discriminación de sexo, Obtuvimos los centroides o los puntos de seccionamiento. Generamos la constante, los coeficientes y las tasas de clasificación para cada medición y las tasas de clasificación general.

El 91,3 % de los individuos fueron clasificados correctamente, mientras que la validación cruzada fue del 90,7%. Esto significa que el modelo tiene gran significancia y capacidad predictiva, por lo tanto se puede utilizar para la estimación de dimorfismo sexual en húmero.

## **PALABRAS CLAVES**

Dimorfismo sexual; Húmero; Osteología Antropológica.

## **ABSTRACT**

In the framework of the armed conflict, forced disappearance in the country and in Antioquia, which occupies the first place, has contributed to the increase of unidentified bodies found mainly in graves. In this regard, estimating the sex of the human skeleton is basic in rebuilding the biological profile of the unknown individual. Due to the lack of local methods, forensic researchers use international methods for human identification; A slow and difficult process due to the population variability expressed in the specific shape and size characteristics of each individual that change throughout the life cycle. Due to the above and bearing in mind that the humerus is one of the bones most conserved from the taphonomic effects, this study sought to establish the multivariate indicators of size and shape that more accurately estimate the sexual dimorphism in the humerus.

In the reference collection of the laboratory of Anthropological Osteology of the University of Antioquia, measurements of the humerus were taken. With the discriminant statistical model of step inclusion, we selected the best measures for sex discrimination, we obtained centroids or cut-off points. We generated the constant, the coefficients and the classification rates for each measurement and the general classification rates.

91.3% of the individuals were correctly classified, while the cross-validation was 90.7%. This means that the model has great significance and predictive ability, therefore it can be used for the estimation of sexual dimorphism in humerus.

## **KEYWORDS**

Sex estimation; Humerus; Anthropological Osteology

## INTRODUCCIÓN

"Medir es conocer".

Sir William Thomson Kelvin

La desaparición forzada en un crimen de lesa humanidad practicado en Colombia por todas las fuerzas armadas, el país no cuenta con una cifra unificada sobre la cantidad de personas desaparecidas, pues depende de quién, cómo y desde cuándo se cuente. El Registro Único de Víctimas (RUV) (2016) indica que al menos 45891 personas han desaparecido forzosamente en el marco del conflicto armado interno, de las cuales, en el departamento de Antioquia se registra un total de 7316. Por su parte, el grupo de exhumaciones de la Dirección Nacional Especializada de Justicia Transicional de la Fiscalía General de la Nación (2016), expone una cantidad de 5140 fosas halladas en todo el país, de ellas se recuperaron 6553 cuerpos. El Departamento de Antioquia presentó el mayor número de casos, de 894 fosas fueron exhumados 1138 cadáveres, de estos hay 291 cuerpos con posible identidad y 283 que aún continúan sin identificar.

La identificación de una persona en estado de esqueletización, es un componente básico para reconstrucción de su perfil biológico. Además, le permite a sus seres queridos y/o familiares elaborar el duelo, ya que “al no existir registro del cadaver los familiares de la víctima sufren la imposibilidad para cerrar o dar por terminado el vínculo afectivo con la persona desaparecida.” (Monsalve, 2009. p 14).

Por consiguiente, uno de los aspectos individuales para la identificación, es el sexo. Este proceso es difícil, y tiende variar en cada población debido a la variabilidad y a las características de forma y de tamaño específicas de cada individuo que cambian a lo largo del ciclo vital. A ello se le suma que por la condición de muerte, sitio y/o forma de inhumación y

procesos tafonómicos, a menudo, los restos óseos están fragmentados, deteriorados, incompletos o se encuentran muchos esqueletos dentro del mismo sitio. (Iscan & Steyn, 2013. p, 143).

Ante lo anterior, numerosos estudios se han desarrollado para conocer los rasgos que mejor discriminan el sexo. Dos observaciones surgen al respecto: Morfológica (No – métrico), esto es, caracteres macroscópicamente visibles y representativos de cada hueso o en la determinación de la presencia o no de una característica. Métrico, es decir, la asignación de valores numéricos a ciertas características de la pieza ósea, generando posteriormente, algunas fórmulas que se pueden aplicar a la población con un mínimo margen de error.

En lo referente a las características visuales, se tiene presente la buena conservación y en lo posible que la pieza ósea se encuentre completa. En este sentido, ha sido la pelvis y el cráneo los que han demostrado ser altamente dimórficos. En la región pélvica, considerada la parte más dimórfica del esqueleto humano debido al proceso de parto, se valora especialmente: la escotadura ciática mayor, el surco preauricular, el acetábulo, la articulación sacroilíaca. Así mismo, el aspecto medial de la rama isquiopúbica, la concavidad subpúbica y el arco ventral, (Phenice, (1969); Vollner et, al, (2009); Klales, et, al (2012); Kenyhercz, M. K. (2012)).

Con respecto al cráneo, se sugiere que es el segundo mejor indicador de las diferencias en sexo. En general, su variabilidad se expresa en que el tamaño general y la arquitectura de los cráneos de las mujeres son más gráciles y redondeados que la de los hombres. Igualmente, de manera específica, se presentan diferencias más visibles en partes concretas como: El foramen magnum, las crestas supraorbitarias, el tamaño y la forma de la apófisis mastoides, tamaño y forma de la cavidad glenoidea, ángulo goniaco, entre otras (Konigsberg & Hens, 1998; Rogers, 2005;).

El análisis métrico del dimorfismo sexual, por su parte, implica la medición de los rasgos sexualmente dimórficos (Spradley and Jantz, 2011). Con los datos obtenidos se pueden emplear modelos estadísticos con el fin de obtener medidas que al aplicarse a la población de estudio, arrojen datos para catalogar en uno de los dos sexos. Uno de estos posibles son los métodos cuantitativos multivariados o el análisis estadístico multivariable. Con este último análisis, se han creado fórmulas de función discriminante que tienen la ventaja principal de poder trabajar con piezas óseas completas o fragmentadas y generan un nivel de significancia alto. En cráneo ver: Hanihara (1959); Giles (1970). En pelvis ver: Kimura (1982); Novotny (1983) Schuller-Ellis et al. (1985).

En las últimas décadas, los estudios sobre dimorfismo sexual se han centrado en modelos métricos aplicados al esqueleto postcraneal. Una de las razones, ha sido que las condiciones de inhumación no conservan adecuadamente todas las piezas óseas y no es posible obtenerlas completas. Otra razón, radica en la necesidad para la disciplina en especial en casos forenses, de optar por métodos cuantitativos estandarizados científicamente, ya que generan mayor confiabilidad y precisión en aspectos legales.

Ante lo anterior, diferentes investigadores se dieron a la tarea de utilizar funciones discriminantes para la obtención de datos precisos de dimorfismo sexual. Por ejemplo, para el fémur se encuentran los estudios de Asala, et al (2004); Kimmerle, et al, (2008). En calcáneo Bidmos & Asala, (2004). En escapula, Hanihara (1959). En húmero, Frutos, (2005); Soni, et al, (2013; Kranioti & Michalodimitrakis, (2009). Etc.

En el año 2011 Spradley and Jantz, publicaron un artículo en el cual realizan un estudio exhaustivo, Compararon la craneometría con las métricas postcraneales para evaluar la precisión en el sexo a través del esqueleto y proporcionaron puntos de corte y tasas de

clasificación correctas para la estimación del sexo de los estadounidenses blancos y negros (Spradley y Jantz, 2011).

Recientemente, Moore et al (2016), exploraron los mejores indicadores univariados y multivariados para la estimación del sexo, observaron si las medidas postcraneales seguían un mismo patrón general clasificación con respecto al estudio de Spradley y Jantz, (2011). Desarrollaron la investigación en Bogotá Colombia y encontraron que aunque la muestra tiene mismo patrón general de eficacia de clasificación univariable que los norteamericanos; el húmero funciona mejor que el fémur distal y la tibia proximal (Moore et al (2016).

Aparte del anterior estudio, en Colombia, solo se ha reportado una investigación sobre dimorfismo sexual aprobada por la comunidad académica, fue publicada en cráneo por Isaza y colaboradores en el año 2015.

Por ello, y teniendo presente las recomendaciones de DiGangi & Moore (2012), sobre la importancia de considerar un proyecto de investigación, ya sea en la estimación del sexo o cualquier otro tema que permita crear estándares de la población colombiana, y contemplando el factor de que el húmero es uno de los huesos que más se conservan de los efectos tafonómicos, se vio la necesidad de aplicar funciones discriminantes para la obtención de fórmulas que permitan la estimación del dimorfismo sexual, utilizando una muestra representativa de esqueletos contemporáneos de la colección de Osteología Antropológica de la ciudad de Medellín -Colombia.

Para tener un conocimiento más amplio sobre el trabajo de investigación, en las siguientes páginas se desarrollaran las siguientes pautas:

Un estado de arte donde se plantearon la pregunta que suscita el estudio, enfocada en la necesidad e identificar la cantidad de individuos que constantemente se encuentran en fosas, producto de la ola de violencia que ha enfrentado el país durante las últimas décadas. También

están los objetivos, los cuales giraron en torno al establecimiento de los indicadores multivariantes de tamaño y forma que estimaran con mayor precisión el dimorfismo sexual en el húmero en una muestra Osteológica de la ciudad de Medellín.

Así mismo se expondrán las hipótesis, que buscaban comprobar si las medidas epifisarias eran las que discriminaban sexo con mayor significancia estadística y, de que tanto la validación univariada como la cruzada tenían un índice de precisión superior al 90%.

Aunado a lo anterior, se indica los alcances de la investigación, exponiendo de esta forma, materiales, apoyo tanto de todos los entes como el cementerio, la Universidad de Antioquia y en especial del Laboratorio de Osteológica Antropológica, coordinado por la Doctora Timisay Monsalve.

Los capítulos siguientes exponen de manera amplia, los conceptos que llevan a definir un dimorfismo sexual, las investigaciones generadas para explicarlo a lo largo de los años y del ciclo vital.

La metodología explicara el modelo utilizado, la muestra y el proceso. Posterior se encontrarán los resultados, los cuales fueron altamente predictivos. Se expondrá las discusiones y se concluirá con la información generada de este trabajo.

## **ANTECEDENTES**

### **Maduración del miembro superior**

Romer (1863) estudió las partes del esqueleto que entran en la formación de la articulación del codo del recién nacido. Según el autor el feto realiza movimientos de extensión pero no de flexión, esto lo observó gracias que en su estudio encontró que las fosas radiales y coronoides carecen o sólo están ligeramente desarrolladas, mientras que la fosa olecraniana está bien desarrollada.

Schulin (1879), en un estudio sobre la osificación de las diáfisis, observó que la articulación del codo se desarrolla en aproximadamente 90° de flexión. En una descripción de los diversos cambios en el extremo distal del húmero y en los extremos proximales del radio y del cúbito, se indica que una tuberosidad radial comienza a ser evidente durante el último mes de desarrollo prenatal, informó que las fisuras articulares aparecen primero en la parte periférica de la articulación.

Por su parte, Hultkranz (1897), observó que una cavidad estaba presente en el lado lateral de la articulación radio - cubital antes de su aparición en el lado medial. De igual forma evidenció los pliegues sinoviales poco después de la formación de la cavidad articular y afirmó que estos pliegues se hicieron más grandes en proporción con el resto de la articulación con la edad de estiramiento de la muestra. Sugirió que los vasos que circulan en los canales del cartílago son necesarios para el crecimiento y nutrición de las epífisis y sostuvo que estos vasos se combinan en última instancia con los troncos vasculares en las diáfisis.

Luego Hagen (1900) describió los elementos esqueléticos de la articulación del codo de la etapa de 17 mm, mientras que (Lewis 1901) prestó especial atención al esqueleto en las extremidades superiores de los especímenes de 9 mm., 10 mm, 5 mm, 16 mm y 20 mm. Encontró tejido condensado que separaba las extremidades articulares de los cartílagos en la etapa de 16 mm,

y observó que condensaciones similares presentes a 20 mm, eran continuas con el pericondrio adyacente.

Del mismo modo, Hultkranz (1897) encontró una bursa bicipitoradialis en un espécimen de 40mm y afirmó que esta bursa está constantemente presente durante los últimos meses fetales y en el recién nacido. Aunque no especificó las edades en que aparecieron, encontró bursas menos presentes en el tendón del tríceps, debajo de los músculos extensores, debajo del músculo del anconeo, y detrás del epicóndilo medial. Informó que las bursas subcutáneas no estaban presentes en sus especímenes. Domkny (1897) citado en Gray, D. J., & Gardner, E. (1951) encontró que el tejido subcutáneo en la región del olecráneo era menos denso en un feto de 7 meses, y en un niño de dos meses observó fisuras en esta región que estaban forradas con células en forma de huso. Describió engrosamientos de tejido pericondrial uniendo los cartílagos de la articulación del codo en un embrión de 18 mm.

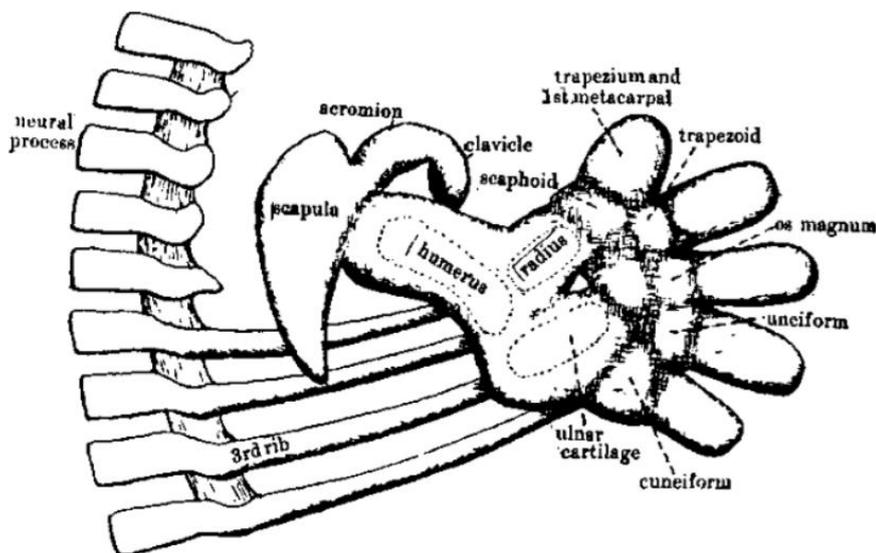
Después de medir las longitudes del húmero radiográficamente en una serie de fetos que oscilan entre 3.4 cm y 39.0 cm de longitud, Bade (1900) declaró que no encontró relación constante entre el crecimiento de la longitud de los huesos largos entre sí o la longitud del cuerpo. Whittaker (1910) estudió las bursas en los miembros superiores de 20 sujetos recién nacidos y encontró que la bursa bicipitoradialis estaba bien desarrollada en todos ellos, una bursa mucosa anconeal en tres, una bursa subcutánea de olécrano en 8 y una bursa sublecular de olécrano en cada espécimen excepto uno.

En una descripción general del desarrollo de las articulaciones, Faldino (1921) hizo sólo breves referencias al esqueleto del codo. Afirmó que una reducción gradual en la zona intermedia tuvo lugar con la edad avanzada, y que la primera cavidad para aparecer se encuentra en la parte central de la articulación. También observó la primera aparición de pliegues sinoviales. Anotó una cápsula primitiva a 25mm y afirmó que ambas cápsulas y ligamentos de las

articulaciones estaban perfectamente diferenciados en tres muestras de 61 mm, 63 mm y 65mm. Afirmó que los tendones flexores se desarrollan antes que los extensores y que la diferenciación de cada articulación está siempre precedida por una diferenciación del grupo muscular que preside la mecánica de la articulación.

Hesser (1926), sin embargo, describió en detalle la aparición de las extremidades articulares de esta articulación en muestras de 22 mm, 25 mm y 27 mm, y señaló que, en conjunto, sus superficies articulares en estas etapas se asemejan a la final. Las primeras etapas de los elementos esqueléticos en desarrollo han sido descritas por Haines (1947).

Haines (1947) describió las interzonas de varias etapas tempranas. Observó la formación de 34 mm de cavidades separadas entre el radio y el húmero, entre el cúbito y el húmero y entre la cabeza del radio y el ligamento anular. Y afirmó ser el primero en observar las condensaciones que representan una cápsula en especímenes menores de 20 mm. Black (1934), en un estudio de más de 200 fetos, no encontró una bursa de olecrano subcutánea en ninguno de ellos.



**Figura 1.** Esqueleto de la región del brazo del embrión CIX, vista lateral. X 12 diámetros. Tiene alrededor de cinco semanas de edad. Imagen tomada de Lewis (1901).

## **Maduración del húmero**

En una breve referencia a la estructura microscópica del húmero en embriones de 18 a 20 mm, Henke y Reyher (1874) mencionaron que las células de cartílago más grandes se encontraban en medio del húmero. A principios de 1990, Hagen realizó la reconstrucción de un embrión de 17 mm, allí informó que la cabeza y el tubérculo mayor del húmero estaban bien desarrollados, pero el surco intertubercular no era todavía perceptible. En este sentido, el eje era casi redondo, la tuberosidad deltoidea era evidente, y estaba presente una ranura radial superficial.

En un relato general del desarrollo de las articulaciones Lewis (1901), describió la forma y las relaciones del húmero en varios embriones de 9, 10, 15,16 y 20 mm. Afirmó que al final de la quinta semana el núcleo esquelético se puede diferenciar en muchos de los elementos esqueléticos, tres de los cuales contienen cartílago, a saber, el húmero, el cúbito y el radio. Al final de la sexta semana, La mayoría de los elementos esqueléticos constan de cartílago. En el húmero encontró cartílago entre 10,5 mm a 11 mm (**Ver figura 1**)

De otro lado, Bardeen y Lewis (1901), observaron la presencia de un núcleo de cartílago en los especímenes de 11 y 15,5 mm que estudiaron. Keith (1918) al relatar la historia de la mancha de los huesos, atribuye a John Hunter las primeras observaciones sobre la reconstrucción y el crecimiento longitudinal que ocurre en los extremos de los huesos.

Por su parte Hesser (1926), describió en detalle la aparición de las extremidades articulares de esta articulación en muestras de 22, 25 y 27 mm, e indicó que, en conjunto, sus superficies articulares en estas etapas se asemejan a la final.

En sus estudios radiográficos, Halonen (1929) vio un canal nutritivo a 89 mm. Él encontró el agujero nutriente cerca del centro de la diáfisis proximal. El método de unión de los músculos a los huesos en desarrollo ha sido descrito por Amprino y Cattaneo (1937).

Las primeras etapas de los elementos esqueléticos en desarrollo han sido descritas por Haines 1947. Él afirmó que los cartílagos en el hombro y el codo ya están adoptando sus formas características cuando han adquirido los 12 mm. De igual forma, describió las interzonas de varias etapas tempranas. A los 34 mm de longitud del embrión, observó la formación de cavidades separadas entre el radio y el húmero, entre el cúbito y el húmero y entre la cabeza del radio y el ligamento anular.

Por su parte Streeter (1949) indicó que el húmero había adquirido la forma general del hueso adulto por el horizonte 18 es decir de 14 a 16 mm de longitud. Reportó de igual forma, un detallado estudio de la histogénesis del húmero a través de los períodos embrionario y fetal temprano. Subdividió las células del cartílago en cinco fases sucesivas, desde las más jóvenes hasta las más antiguas, y demostró cómo la distribución de estas fases caracteriza al húmero a medida que aumenta de tamaño. Sugirió el uso de la aparición de la osificación endocondral ocurría en especímenes de aproximadamente 30 mm de longitud.

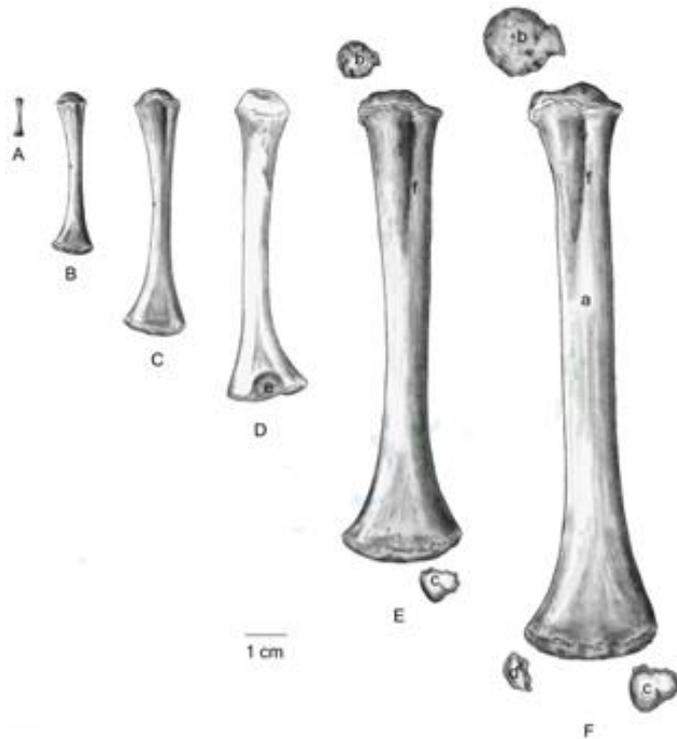
En esta línea, Lutken (1950) determinó el número y posición de los agujeros nutricios en los huesos largos, y también la dirección de los canales de nutrientes que van en ellos. Declaró que no encontró una posición típica para los agujeros en los ejes del húmero y en aproximadamente la mitad de los especímenes que estudió observó simetría.

Así mismo, Gray y Gardner (1951) informaron que los cóndilos del húmero estaban presentes a 12 mm. Observaron cartílago en el humero, primero ingresando en los cóndilos medial y lateral y la cara anterior del extremo distal cerca del capítulo a 73 mm. Gardner y Gray (1953), observaron la presencia de un cuello y ambos tubérculos a los 20 mm. Y observaron cartílago en el húmero por primera vez a 37 mm. También vieron capilares en el pericondrio del húmero a 22 mm, un collar óseo a 23 mm y un centro de osificación a 28 mm.

En esta línea, Moss, Noback y Robertson (1955) objetaron los estudios que se venían haciendo hasta el momento en embriones ya que una conclusión básica de estos, es que la forma típica, terminaba siendo una expresión de un crecimiento diferencial entre estos segmentos gruesos, que ocurre a diferentes velocidades, sitios y tiempos. Sin embargo, decían que estos estudios cuantitativos rara vez se correlacionan con observaciones histológicas cualitativas y otras observaciones anatómicas. Por ello registraron las longitudes de los ejes osificados del humero de una serie de embriones y fetos, que variaban de 14 a 175 mm de longitud de céfalo caudal y que habían sido aclarados y teñidos con alizarina. Cada segmento de la extremidad inferior creció relativamente más rápido que su segmento correspondiente en la extremidad superior. Así mismo, Moss, Noback y Robertson (1955), observaron una interface, que ocurría cuando los fetos alcanzaron el rango de longitud céfalo caudal de 80-89 mm, cerca de la semana 12. Antes de este intervalo, los ejes óseos de todos los huesos largos crecen relativamente más rápido que la longitud de céfalo caudal, y después crecen a un ritmo menor. Sin embargo, todavía crecen relativamente más rápido que la longitud céfalo caudal. Las tasas de crecimiento específico de todos los huesos disminuyeron en estos horizontes de desarrollo críticos. Como las proporciones interóseas permanecieron constantes tanto antes como después de estas interfaces, algún factor común debió haber intervenido, simultáneamente en el desarrollo de todos los huesos.

Continuando con la descripción, Knese (1957) afirmó que la osificación endocondral continúa a lo largo de la vida fetal, y puede ser reconocida por los restos de cartílago incluidos en ella. También indicó que este hueso muestra el desarrollo de estructuras lamelares antes de que desaparezca el último resto de cartílago. Observó una línea fronteriza situada entre el hueso periosteal y el hueso endocondral; y observó su presencia hasta poco después del nacimiento.

O'Rahilly, Gray y Gardner (1957) informaron sobre el momento de la aparición y la osificación inicial del húmero en embriones humanos escalonados. (Ver **Figura 2**)



**Figura 2.** Etapas de Maduración del húmero. Imagen Tomada de: Baker, et al (2005).

Durante el primer trimestre, el húmero comienza como un modelo de cartílago y comienza a osificarse durante la séptima semana in útero. La epífisis distal consiste inicialmente en cuatro centros de osificación secundarios. La epífisis proximal de la cabeza comienza a osificarse entre el nacimiento y los 6 meses de edad, y entre 3 meses y 3 años tubérculo el mayor. Estos centros suelen fundirse entre 5 y 7 años, formando una sola epífisis unida (Baker, et al, 2005).

La tróclea se forma a los 8 años de edad y se une al capitulum, Este último comienza a osificarse entre los 6 meses y los 2 años de edad. El epicóndilo medial comienza a formarse después del cuarto años de nacido, y el epicóndilo lateral se forma después del décimo. El Capitulum, la tróclea y el epicóndilo lateral generalmente se fusionan completamente entre sí entre 10 y 14 años de edad. (Baker, et al, 2005).

La epífisis proximal se fusiona típicamente a la diáfisis humeral entre 13 y 17 años en mujeres y entre los 16 y los 20 años en varones. El Capitulum y la tróclea se fusionan a la diáfisis distal entre 11 y 15 años en mujeres y entre 12 y 17 años en varones. El epicóndilo medial es la última epífisis distal que se fusiona a la diáfisis, generalmente entre los 13 y los 15 años en las mujeres y entre los 14 y 16 en los hombres (Baker, et al, 2005).

Dimorfismo sexual:

El dimorfismo con diferencias en la morfología tamaño y forma (Wood, 1976; Frayer y Wolpoff, 1985; Plavcan, 2001; Plavcan et al., 2002).

Bogin, (1999). Ha realizado extensos estudios sobre la maduración y crecimiento, decía que los niños inician la pubertad unos 2 años más tarde que las niñas, y continúan el estirón puberal durante aproximadamente un año más tarde.

Con respecto al estudio de dimorfismo en esqueleto (Seeman, 2001) indicaba que en las niñas el aumento del espesor cortical ocurre con una disminución de diámetro medular y poco aumento de diámetro perióstico.

La influencia de las hormonas en las diferencias sexuales se pueden analizar desde Riggs, (2002). El autor decía que el estrógeno actúa para conservar la masa ósea, suprimir el recambio óseo, y mantener tasas equilibradas de la formación de hueso y la resorción ósea, mientras que también influye en la actividad funcional de las células óseas

Los cambios corporales generados durante la evolución y que fueron producto de la nutrición influyendo en el dimorfismo sexual, se explican desde Brauer, 1982; Gray & Wolfe, 1980; Hall, 1978; Stini, 1969; Wolanski & Kasprzak, 1976), ellos afirmaban que hay una disminución de diferencias en estatura, en condiciones de estrés nutricional.

En esa línea se indica que los humanos actuales son menos dimórficos que los antepasados.

Plavcan y van Schaik, 1997; White et al., 1994; y Leakey et al., 1995.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

Dentro del marco del conflicto armado la desaparición forzada en el país y en Antioquia que ocupa el primer puesto, ha contribuido al aumento de cuerpos no identificados encontrados principalmente en fosas. (Fiscalía, 2016). En este aspecto, la estimación del sexo del esqueleto humano es básico en la reconstrucción del perfil biológico del individuo desconocido. Debido a la inexistencia de métodos locales, los investigadores forenses utilizan métodos internacionales para la identificación humana, dificultando el proceso debido la variabilidad poblacional. Por lo anterior y teniendo presente que el húmero es uno de los huesos que más se conserva de los efectos tafonómicos, surgió la pregunta: ¿cuáles son los indicadores multivariantes en tamaño y forma que estimen con mayor precisión el dimorfismo sexual en el húmero?

Para llevar a cabo la investigación se plantearon los siguientes objetivos:

Objetivo general: Establecer los indicadores multivariantes de tamaño y forma que estimen con mayor precisión el dimorfismo sexual en el húmero en una muestra Osteológica de la ciudad de Medellín.

Objetivo Específicos

- Tomar los datos métricos en función del tamaño y la forma del húmero según el procedimiento estándar
- Evaluar las normas métricas de los indicadores multivariantes en cuanto a tamaño y forma del húmero para la estimación del dimorfismo sexual
- Ajustar las normas métricas en función del tamaño y la forma del húmero.
- Establecer los indicadores multivariantes de tamaño y forma del húmero de individuos de diferentes sexos de una muestra Osteológica de la ciudad de Medellín.

-Comparar sexos a través los indicadores multivariantes de tamaño y forma del húmero de una muestra esquelética de la Colección de Osteología Antropológica de la Universidad de Antioquia.

Las hipótesis realizadas desde el inicio de la investigación consistían en lo siguiente:

Ho:  $\mu=\mu$

Ha:  $\mu\neq\mu$

1. Observar si las medias de las dimensiones medidas en el húmero son diferentes
2. Se planteó la hipótesis de comprobar si las medidas epifisarias eran las que discriminaban sexo con mayor significancia estadística y, de que tanto la validación univariada como la cruzada tenían un índice de precisión superior al 90%.

Esta última hipótesis, que buscaban observar si con el procedimiento estadístico, se daba por aceptado, que el húmero realmente discriminaba sexos con un gran nivel de significancia, y de que las mejores dimensiones para ello eran las medidas epifisarias. Como lo plantea DiGangi & Moore, (2012).

Alcance de la investigación:

Este proyecto tuvo la ventaja de acceder a la colección de Osteología Antropológica de la ciudad de Medellín, sus resultados son realmente valiosos para aportar en la caracterización de la población Antioqueña.

Al utilizar funciones discriminantes se obtuvo un nivel alfa superior al 90%, dicha confiabilidad supone que, el modelo creado puede ser aplicado en casos donde sea necesario la individualización de un esqueleto, y esto puede aportar con confiabilidad en la identificación humana. Ante lo anterior, es menester recordar que en Colombia se requiere de investigaciones que generen información básica sobre la población, pues las condiciones de violencia que ha

enfrentado durante décadas, ha dejado aproximadamente 45000 desaparecidos según informe del Registro Único de Víctimas (2016).

Este modelo métrico que se utilizó, tiene la ventaja de producir diagnósticos sexuales más seguros cuya fiabilidad también puede evaluarse estadísticamente. De igual manera, permite observar con más detalle en qué áreas de una estructura esquelética se producen las variaciones en la forma, y la magnitud de estas diferencias. (Ver Steyn y İşcan 1998; Steyn y İşcan 1999; Asala 2001; Ousley y Jantz 1996)

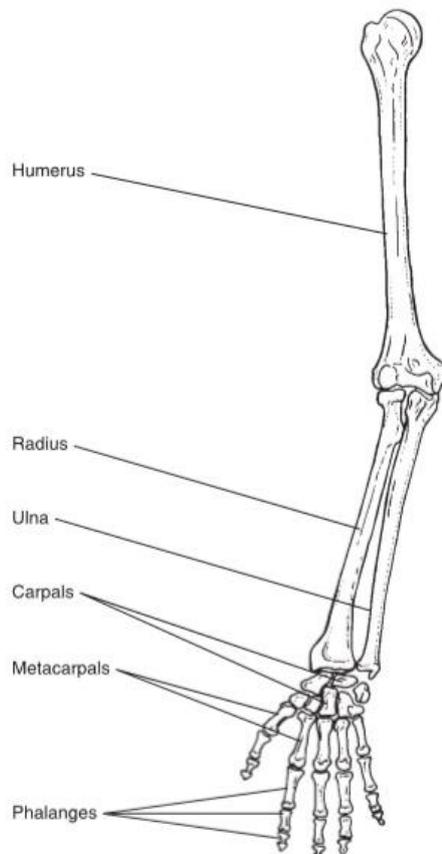
# CAPÍTULO TEÓRICO

## Capítulo I

### Miembro superior: El Húmero

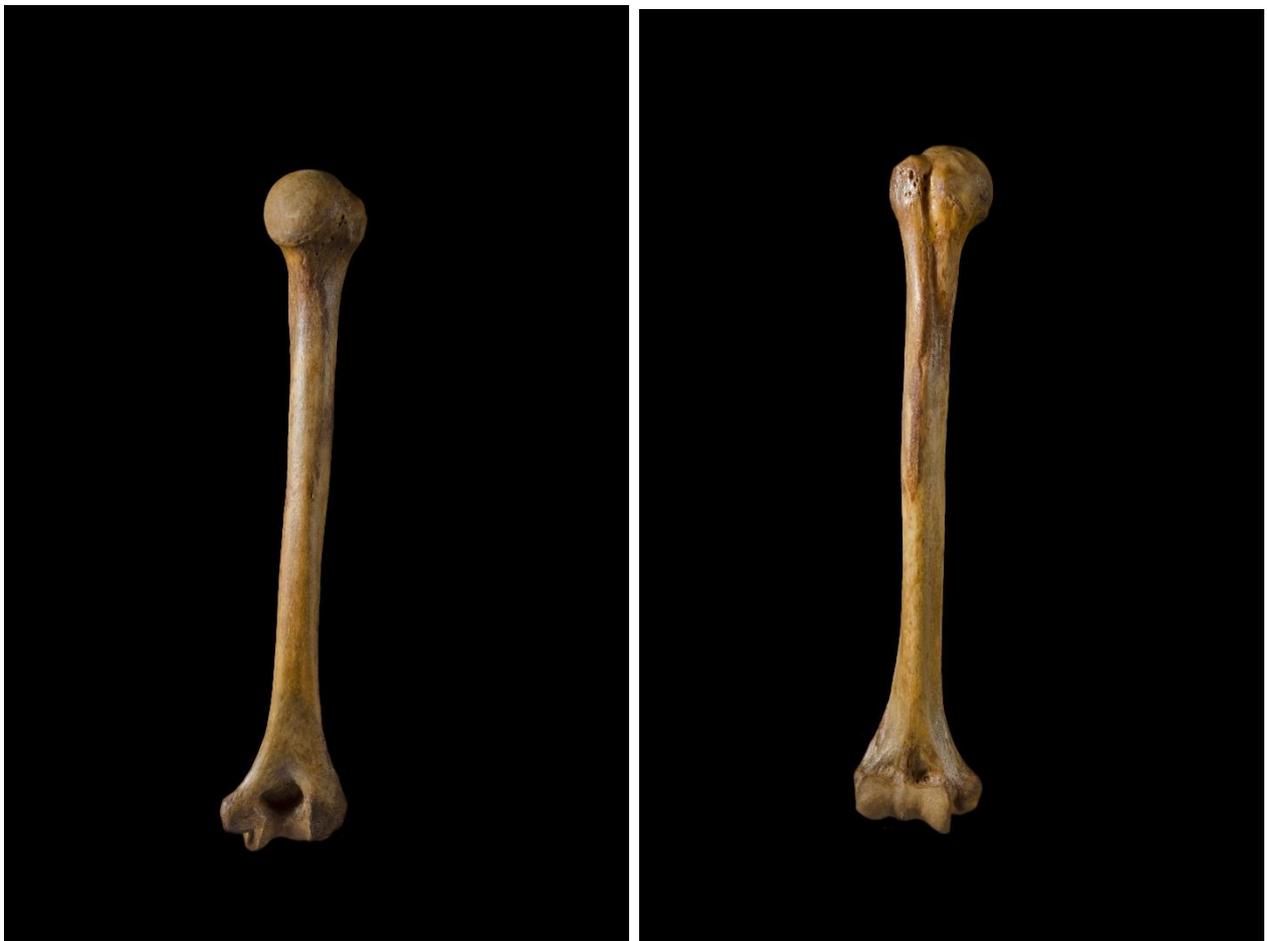
El miembro superior humano comprende el brazo, antebrazo y la mano. Está conectado con el esqueleto axial por dos elementos de la cintura escapular (Scheuer & Black, 2004). En la parte proximal, el húmero se articula con la escápula y está unido indirectamente al tórax por los músculos escapulares y la clavícula. En la parte distal, se articula al codo y se une con el radio y el cúbito (Ver figura 3).

Hay muchas similitudes estructurales entre los miembros superiores e inferiores (Scheuer & Black, 2004), cada extremidad consiste en un segmento proximal que contiene un solo hueso, un segmento medio con dos huesos y esto está unido a un segmento distal de cinco dígitos por una serie de pequeños huesos.



**Figura 3.** Miembro superior. Imagen tomada de: Scheuer & Black (2004).

Los estudios sobre el húmero se han empezado a documentar desde la década de 1870, en este sentido Henke y Reyher (1874) prestaron interés especial a la forma, estudiaron una serie de embriones y fetos e informaron que las fosas y los procesos del húmero, el radio y el cúbito son evidentes bastante temprano en el desarrollo, señalando que la cabeza del húmero era redonda de cinco a seis semanas, pero que las fosas en el extremo inferior aún no estaban presentes.



**Figura 4.** Húmero derecho. Vista posterior (izquierda), Anterior (Derecha). Colección de Osteología Antropológica



Figura 5. Húmero derecho. Vista anterior. Colección de Osteología Antropológica

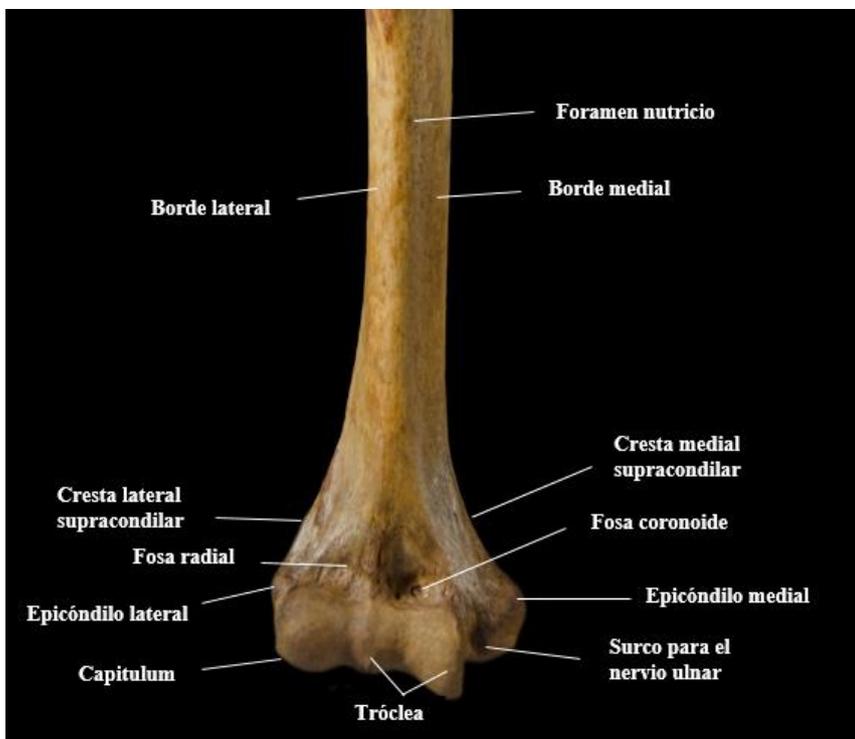
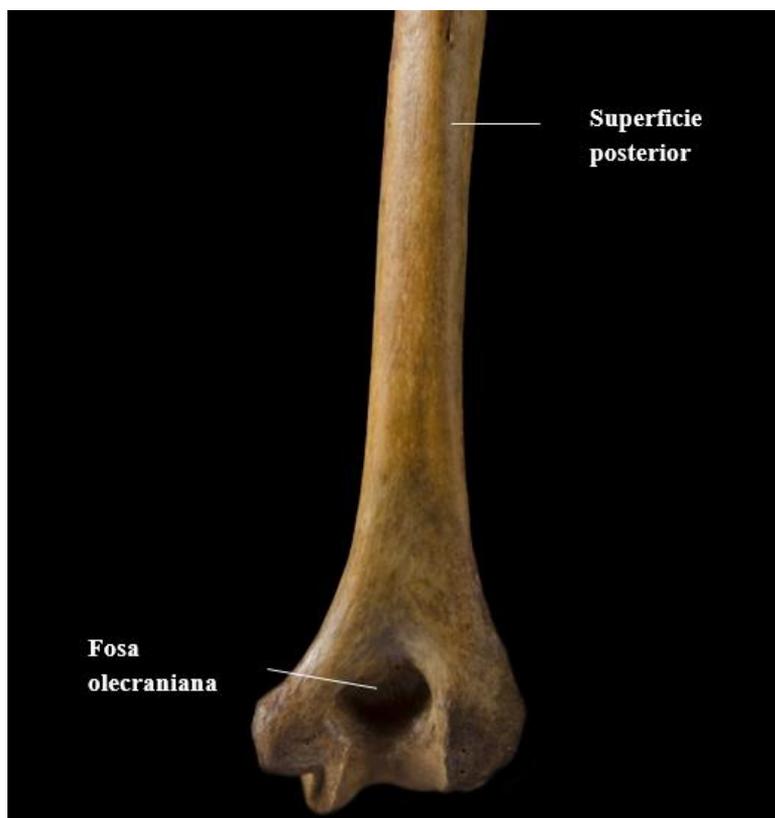


Figura 6. Húmero derecho. Vista anterior. Colección de Osteología Antropológica



**Figura 7.** Húmero derecho. Vista anterior Colección de Osteología Antropológica.



**Figura 8.** Húmero derecho. Vista posterior. Colección de Osteología Antropológica

## Capítulo II: Dimorfismo sexual

El dimorfismo sexual, generalmente se relaciona con diferencias en la morfología tamaño y forma (Wood, 1976; Frayer y Wolpoff, 1985; Plavcan, 2001; Plavcan et al., 2002). Los niños inician la pubertad unos 2 años más tarde que las niñas, y continúan el estirón puberal durante aproximadamente un año más tarde (Bogin, 1999). El efecto de esto, es aumentar el dimorfismo en tamaño y la longitud de las piernas. En niños, la pubertad estimula la aposición perióstica pero no la expansión endocortical, y por lo tanto aumenta el diámetro del hueso, espesor cortical y el diámetro medular, particularmente en las extremidades (Seeman, 2001). El estrógeno inhibe la aposición perióstica pero estimula la formación de hueso endocortical, por lo tanto, en las niñas el aumento del espesor cortical ocurre con una disminución de diámetro medular y poco aumento de diámetro perióstico (Seeman, 2001).

Las características sexuales secundarias son en gran parte controlados o mediados por genes ligados al cromosoma X (Rice, 1984).). El evento endocrino denominado adrenarquia representa el aumento de producción de hormonas sexuales, fundamentalmente andrógenos y estrógenos, por las glándulas suprarrenales que producen una aceleración del crecimiento en altura, una aceleración transitoria de maduración ósea, y el desarrollo de características sexuales secundarias y distribución de la grasa. (Bogin, 1999). Mientras tanto, las hormonas sexuales esteroides ejercen sus efectos más fuertes durante la pubertad, existe evidencia de que la exposición a ellos en la vida fetal puede tener efectos a largo plazo sobre el fenotipo.

El estrógeno actúa para conservar la masa ósea, suprimir el recambio óseo, y mantener tasas equilibradas de la formación de hueso y la resorción ósea, mientras que también influye en la actividad funcional de las células óseas. (Riggs, 2002). A su vez, la testosterona reduce la resorción ósea y aumenta la aposición perióstica de hueso, pero no funciona en ausencia de estrógeno. Estudios sugieren que la pérdida de hueso comienza mucho antes de la menopausia,

y este último caso, simplemente acelera el proceso debido a la disminución asociada en los niveles de esteroides sexuales. (Riggs, 2002).

A medida que avanza la edad adulta, los niveles de esteroides sexuales disminuyen (Seeman, 2001). En general, por ejemplo en la menopausia hay un aumento del 90% en la resorción ósea, pero solamente un aumento del 45% en la formación de hueso (Garnero, et, al 1996). De hecho, estudios sugieren que la disminución de los niveles de testosterona con el envejecimiento ejerce su influencia sobre la pérdida ósea en los hombres. (Riggs, 2002).

El dimorfismo sexual puede estar influenciado por factores Intrínsecos e extrínsecos. Estos primeros surgen dentro del cuerpo sistemáticamente, y son conocidos como aquellos rasgos del esqueleto controlados genéticamente. A saber, el control de algunos órganos y sus funciones a través de la activación de las hormonas gonadales o hipofisarias. Además, la forma de la pelvis que se vuelve indistinguible durante la infancia y luego reaparece después de la adolescencia (Scheuer y Black, 2004).

Los factores extrínsecos son aquellos que se introducen normalmente desde fuera del cuerpo, ejemplo la nutrición y la biomecánica de la actividad y la locomoción. También, pueden ser el resultado de procesos de enfermedad o trauma. (Stinson, 2012), los cuales se combinan en el factor extrínseco adicional de peso corporal que actúa sobre el esqueleto (DiGangi & Moore, 2012).

Un aspecto a tener presente, son los términos sexo y género que se usan sin distinción, pero que tienen significados diferentes (Walker y Cook, 1998). “Sexo” es una distinción biológica, es la totalidad de características de la estructura reproductiva, funciones, fenotipo y el genotipo que diferencian los hombres de las mujeres. Estas diferencias son el resultado de la herencia y la expresión de los cromosomas sexuales XX (femenino) o XY (masculino), y el sexo, por tanto, sólo pueden ser determinados sobre la base de la evidencia anatómica o molecular.

Mientras que “género” es un constructo sociocultural, se refiere a las expresiones culturales de la feminidad y la masculinidad. (Walker y Cook, 1998).

Las diferencias en el tamaño y la forma se derivan de funciones biomecánicas de las articulaciones musculo - esquelético en la locomoción (movimiento, por lo general caminando) y el parto (Buffa et al., 2001). Las mujeres deben tener una pelvis y el canal del parto amplio, debido al gran tamaño de las cabezas infantiles humanas. Estas diferencias sexuales no son uniformes en todas las poblaciones humanas, algunos grupos presentan mayor dimorfismo que otros. Y pueden variar en menor medida dentro de la misma población, es decir, hay diferencias significativas entre diferentes personas debido a la variabilidad biológica. (Fruyer y Wolpoff, 1985).

A nivel corporal, se puede observar que las mujeres tienen menos vello corporal, una voz más alta, dientes más pequeños, ojos grandes, y un esqueleto más grácil. (Buffa et al., 2001). Sin embargo, con el paso de los años, la remodelación ósea puede dar lugar a cambios morfológicos, que deben ser tenidos en cuenta a la hora de la identificación de los restos óseos de una persona de avanzada edad.

A nivel del esqueleto, es difícil encontrar diferencias sexuales a temprana edad, puesto que la mayoría de estas características solo se desarrollan durante la pubertad. En gran parte, debido a la liberación de hormonas que producen cambios en la tasa de crecimiento de los huesos y el desarrollo (Bogin, 1999, ; Scheuer y Black, 2004 Biggerstaff,1975), como el efecto inhibitor de los estrógenos sobre la aposición perióstica en las niñas. Además, se puede atribuir al período más largo de crecimiento prepuberal de los varones en comparación con las niñas (Seeman, 2001). Es decir, que las mujeres entran en la pubertad más temprano y, mientras que los hombres tienen un periodo de crecimiento considerablemente más largo. Schoenau, et, al (2001) indicó que las diferencias de sexo en la masa ósea surgen en torno a los 15 y 17 años,

con un mayor tamaño de los huesos masculinos, que confiere una mayor resistencia. Por el inicio de la edad adulta, el peso del esqueleto es de alrededor de 4 kg en hombres y 2,8 kg en las mujeres (Malina, 1996). Los hombres adultos jóvenes tienen una mayor masa ósea debido a su mayor tamaño corporal, pero su densidad ósea es similar a la de las mujeres, y esto se aplica igualmente a los períodos anteriores del desarrollo. (Lu, et, al 1996 y Maynard, 1998).

### **Dimorfismo y nutrición**

Se ha considerado que el dimorfismo sexual como una respuesta al estrés nutricional o mejoras generales en el entorno de los adolescentes en crecimiento. Las mujeres muestran una mitigación a los factores ambientales de estrés nutricional, por ello, en términos de tasas de crecimiento, presentan menor retraso frente a los hombres y (Stini, 1975, 1982, Bogin, 1999, Ross et al., 2003). Es decir, que hay una disminución de diferencias en estatura, en condiciones de estrés nutricional (Brauer, 1982; Gray & Wolfe, 1980; Hall, 1978; Stini, 1969; Wolanski & Kasprzak, 1976). Esto se explica por la hipótesis del papel las mujeres durante el embarazo y el parto, estas han demostrado ser más estables en las mismas carencias alimenticias, supuestamente debido a las demandas de reproducción, el almacenamiento de más grasa subcutánea, y el tamaño total del cuerpo más pequeño, los hombres son más susceptibles a las fluctuaciones en la calidad nutricional y muestran un mayor deterioro en el crecimiento de los huesos largos (Fruyer y Wolpoff, 1985). Estos vectores de crecimiento diferencial generalmente dan como resultado un colapso del hombre y estaturas adultos medias de mujeres y una reducción en el nivel de dimorfismo sexual en el tamaño corporal (Fruyer y Wolpoff, 1985).

### **Dimorfismo y evolución**

Autores coinciden en afirmar que la magnitud del dimorfismo humana alguna vez fue mucho mayor de lo que es hoy en día, los antepasados humanos muestran un mayor dimorfismo sexual en tamaño que los seres humanos modernos, mostrando una reducción del dimorfismo en el

curso de la evolución de homínidos (Frayer y Wolpoff, 1985. Armelagos & Van Gerven, 1980. Brace & Ryan 1980. Frayer, 1980, Wolpoff, 1976). Aunque hay otras fuentes que manifiestan que la cuestión fundamental de si el dimorfismo sexual ha cambiado sustancialmente durante el curso de la evolución humana ha sido, evidentemente, no resuelto (Zihlman, 1978, 1982). De hecho, muchos trabajadores creen ahora que la disminución de dimorfismo sexual en el transcurso de la evolución humana es al menos tan dramático y significativo como el aumento de tamaño del cerebro y la disminución en el tamaño de los dientes posteriores. (Frayer y Wolpoff, 1985).

Uno de los principales caracteres de definición de los homínidos es la reducción canina (White et al., 1994; Fleagle, 1999). *Australopithecus afarensis*, *A. africanus*, *Paranthropus robustus* y *P. boisei* muestran caninos pequeños en comparación con homínidos vivos y dimorfismo canino modesto (Plavcan y van Schaik, 1997).

Según White et al., 1994; y Leakey et al., 1995. *Ardipithecus ramidus* y *Australopithecus anamensis*, aparentemente tenían mayores caninos que los homínidos posteriores. Mientras que los caninos de *Ardipithecus ramidus* se describen como más pequeños que los de los chimpancés vivos.

Los análisis de la cara y los elementos esqueléticos de los primeros homínidos sugieren que el dimorfismo de la masa corporal en estos animales era sustancial (por ejemplo, Leutenegger y Shell, 1987, Hartwig-Scherer, 1993, Richmond y Jungers, 1995, Lockwood et al., 1996 Aiello y Wood, 1994, Lockwood, 1999).

La explicación más popular es que las armas manuales suplantaron el uso de los dientes caninos en la competencia macho-macho (Brace, 1972)

Así mismo, Plavcan & van Schaik. (1992), argumentan que se han propuesto una serie de factores como la selección sexual, el peso corporal, el dimorfismo del peso corporal, la

depredación, la dieta y la inercia filogenética como influencias en la evolución del dimorfismo canino en los primates antropoides. Y en efecto la competencia está fuertemente asociada con el dimorfismo canino. E indica que a predación también tiene un efecto marcado en el dimorfismo canino, en que las especies que habitan en la sabana muestran consistentemente un mayor dimorfismo canino que otras especies, y que todos los demás factores se mantienen iguales. Siguiendo con Plavcan & van Schaik. (1992) explica que el dimorfismo de peso corporal también está fuertemente asociado con el dimorfismo canino, aunque aparentemente a través de una base selectiva común, más que a través de efectos alométricos. El peso corporal parece desempeñar sólo un papel menor e indirecto en la evolución del dimorfismo canino. La dieta no juega ningún papel. Del mismo modo, encontramos poca evidencia de que la inercia filogenética es una limitación en la evolución del dimorfismo canino.

Podría ser que el tamaño grande del varón se mantenga por alguna otra razón aparte de la selección sexual, que la elección de la mujer favoreció a los machos grandes, que el tamaño masculino grande se conserva en los homínidos tempranos a través de un retraso en su respuesta a una relajación de la selección para los grandes hombres ramaño, o que hubo selección para la maduración temprana en las mujeres (Plavcan, 2001). Ninguna de estas hipótesis se puede probar fácilmente con los datos actuales del registro fósil.

Hacia el 2012, Plavcan continuaba argumentando que el dimorfismo del tamaño humano suele ser la hipótesis de estar asociado con altas tasas de violencia masculina y la poliginia. Esto plantea la cuestión de si el dimorfismo humano y los patrones de violencia masculina son heredados de un antepasado común con los chimpancés o se derivan exclusivamente. En su artículo del 2012 revisó patrones de y modelos causales para, el dimorfismo en humanos y otros primates. Concluyó que mientras que el dimorfismo en los primates se asociaba con la competencia masculina agonista del macho, una variedad de factores podían afectar el tamaño masculino y femenino, y por lo tanto darse el dimorfismo. Las causas del dimorfismo del

tamaño sexual humano son inciertas, y podrían implicar varios mecanismos no exclusivos entre sí, como la competencia entre compañeros, la competencia de recursos, la violencia intergrupal y la elección femenina. Una reconstrucción filogenética de la evolución del dimorfismo, incluyendo homínidos fósiles, indica que la condición humana moderna se deriva. Esto sugiere que al menos algunas similitudes de comportamiento con *Pan* asociado con dimorfismo pueden haber surgido de forma independiente, y no directamente de un antepasado común (Plavcan, 2012)

De otro lado, las investigaciones de la evolución del cerebro y del tamaño corporal de homínidos suponen que diferentes presiones de selección actúan sobre cada rasgo o que el cerebro y el tamaño corporal están ligados fisiológicamente a través de las demandas energéticas de cerebros grandes. Sin embargo, la evidencia de organismos modelo sugiere que algunos genes causan variación en el cerebro y el tamaño del cuerpo, con el resultado de que la selección en cualquiera de los rasgos puede conducir a una respuesta correlacionada en el rasgo no seleccionado.

En estudio muestra que los humanos modernos, los chimpancés y todos los primates incluidos tienen niveles significativos y aproximadamente similares de restricciones evolutivas de la covarianza del cerebro y del tamaño corporal (Grabowski, 2016). Basándose en estos hallazgos, los resultados sugieren que la selección fuerte para aumentar el tamaño del cerebro por sí sola desempeñó un papel importante en el cerebro y el tamaño corporal aumenta a lo largo de la evolución humana y puede haber sido el único responsable del mayor aumento en ambos rasgos que ocurrieron durante la transición a *Homo erectus* (Grabowski, 2016).

El linaje de los homínidos no es el único que muestra la reducción de dimorfismo sexual, al hacer comparaciones evolutivas, existe el problema inevitable de la cual similitudes reflejan la misma condición en un ancestro común y que se produjo en paralelo. Afortunadamente, la

reinterpretación de la filogenia de los primates antropoides hace que sea más fácil distinguir estas alternativas. (Fruyer y Wolpoff, 1985.)

### **Capítulo III: Métodos para el dimorfismo sexual**

Antes de empezar con la observación de los métodos usados en el análisis del dimorfismo sexual, es importante anotar la diferencia que se le debe de dar a los términos de evaluación, determinación y estimación del mismo. La evaluación del sexo se refiere al método visual tradicional y más subjetivo utilizado por los antropólogos al considerar elementos como la pelvis o el cráneo. La estimación del sexo, por el contrario, es la estimación métrica del sexo usando tasas de error estimables (Spradley y Jantz, 2011). Finalmente la determinación del sexo, implica una confianza del 100%, aspecto que no se alcanzaría dado la variabilidad poblacional. (DiGangi & Moore, 2012).

#### **Método métrico**

Consiste en el análisis cuantitativo de rasgos sexualmente dimórficos medibles, es decir, en tomar mediciones basadas en puntos de referencia para evaluar cuantitativamente las diferencias osteológicas de tamaño y forma entre hombres y mujeres, además, implica menos subjetividad y menor error inter e intraobservador (Adams y Byrd, 2002; Spradley y Jantz, 2011)

La mayoría de las investigaciones de estimación de sexo ha adoptado en las últimas décadas un enfoque métrico, o sea la evaluación de una sola medición o índice de dos mediciones. Otros métodos multivariantes más complejos pueden combinar numerosas mediciones en un solo análisis usando análisis de función discriminante u otros métodos cuantitativos multivariados

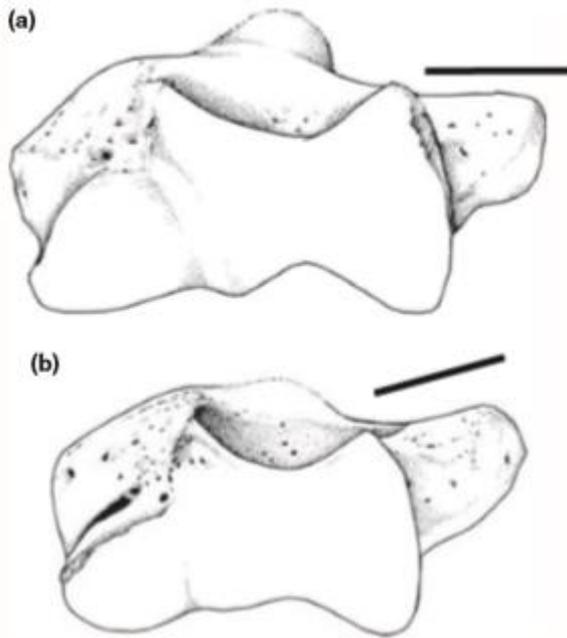
## **Método no métrico**

El análisis no métrico en la estimación del sexo implica una evaluación visual, cualitativa de las características del esqueleto que tienden a variar entre los machos y las hembras. Estas evaluaciones implican observaciones del grado de expresión de ciertos rasgos, o una determinación de la presencia o ausencia de una característica particular. Brothwell, (1963) consideró que los rasgos que son "sexuados en la inspección" son los más importantes, especialmente los de la pelvis y el cráneo. Stewart (1979) discurreó que el método de observar los detalles observables del sexo (por ejemplo, el ángulo subpúbico, el tamaño del proceso mastoideo) era el indicador más simple del sexo. Consideraba que era una pérdida de tiempo medir rasgos que podían verificarse muy rápidamente a simple vista. Más adelante Rogers, (1987), escribió que los rasgos no métricos eran "de valor más inmediato" para el antropólogo forense porque requerían menos tiempo y esfuerzo que la estimación métrica del sexo.

Tradicionalmente, se ha utilizado la inspección visual de la pelvis y el cráneo para distinguir un esqueleto de un hombre y una mujer. El esqueleto masculino adulto muestra más robusticidad que el esqueleto femenino (especialmente en los sitios de inserción muscular) en la mayoría de los elementos craneales y postcraneales (Stewart, 1979, Bass, 1987). Con el propósito de parto, la pelvis de la mujer, continúa creciendo y cambiando de forma hasta los 18 años, pero la pelvis del hombre, mantiene características prepuberales (Buikstra y Ubelaker, 1994; Bogin, 1999).

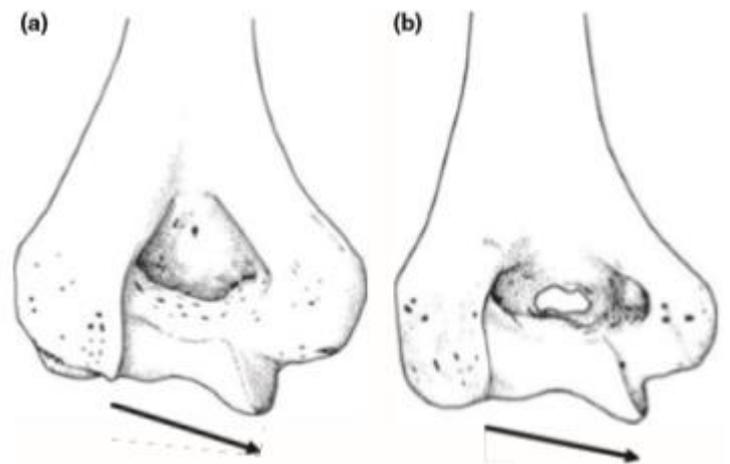
Vance, et al. (2011). utilizaron 608 individuos de Sudáfrica (420 hombres, 188 mujeres) para realizar una determinación ciega no métrica del sexo a partir de tres características del húmero distal: la forma de la fosa olecraniana, el ángulo del epicóndilo medial y la extensión troclear. Se implementó un sistema de puntuación entre hombres y mujeres y la puntuación agregada de las tres características determinó el sexo estimado del elemento esquelético. Con todas las características combinadas, los sudafricanos blancos y negros se categorizaron exitosamente

como hombres o mujeres 75.5% (77% de tasa de exactitud para las mujeres, 74% de tasa de exactitud para los hombres). Esta tasa de clasificación es inferior a la observada en estudios previos, pero sugiere que las características del húmero distal siguen siendo muy valiosas al estimar el sexo esquelético.

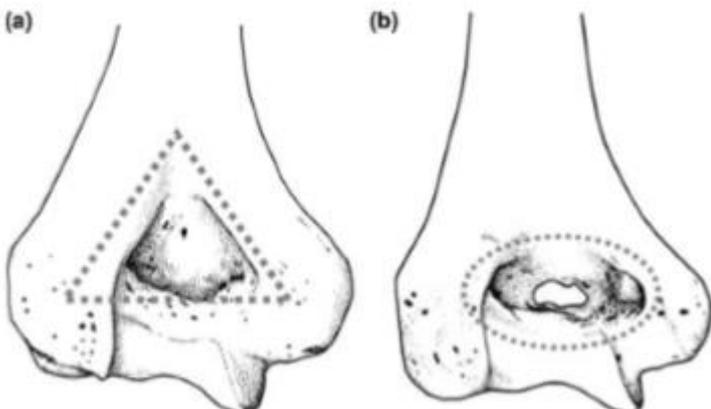


(A) Ángulo del epicóndilo medial observado en varones. El ángulo aparece paralelo a la mesa sobre la que descansa el húmero. (B) Ángulo del epicóndilo medial observado en las hembras. El ángulo parece que se proyecta hacia arriba desde la mesa en la que descansa el húmero.

(A) Extensión troclear observada en varones. La tróclea se extiende más allá del margen del capítulo. (B) Simetría relativa de extensión troclear observada en hembras. La tróclea es más simétrica con el margen del capítulo.



(a) Forma triangular de la fosa olecraniana observada en los machos. (B) La forma ovalada de la fosa del olecraniana en las hembras.



**Figura 9** . Caracteres no métricos del húmero para diferencia sexual. Tomado de: Vance, et al. (2011).

## **METODOLOGÍA**

Se trató de un investigación descriptiva de corte trasversal, con un enfoque exploratorio debido a la escasez de investigaciones frente al dimorfismo sexual en húmero en Colombia. Se trabajó con restos óseos contemporáneos de la colección de referencia del Laboratorio de Osteología de la Universidad de Antioquia. Ésta se encuentra completamente documentada, de ella se conoce el sexo, la edad, lugar de procedencia historia clínica y acta de defunción. La población de referencia es antioqueña. Según Yunis et al (1992) citada en Rodríguez (1994), la distribución genética de las personas de Antioquia está catalogada de la siguiente manera: Caucasoide se encuentra entre 65 % y 73%. Mongoloide se encontró un porcentaje entre 14% y 29%. Y negroide entre 5,9% y 14,5% de la población. Es de aclarar que los únicos estudios has sido genéticos.

### **Muestra:**

La muestra estuvo conformada por un total de 315 húmeros, pertenecientes a 232 hombres entre las edades 15 – 99 años de edad y 83 mujeres entre 15 – 102 años de edad. Como criterios de inclusión que se tuvieron presente, fueron: que la información completa del individuo, es decir, sexo y edad al momento de la muerte, procedencia geográfica, documento de identificación; registro civil de defunción e historia clínica. Así mismo, que los individuos fueran adultos (en términos osteológicos, este rango de edad comprende aquellos individuos que no presentan procesos osteológicos formativos asociados al crecimiento, pues este ya ha cesado). También, que la pieza se encontrara en muy buenas condiciones de conservación; y finalmente, la no presencia de patologías que alteraran la estructura en tamaño y forma de la pieza ósea.

De otro lado, se plantearon los siguientes criterios de exclusión: Ausencia de documentación para sexo, edad y procedencia geográfica, de igual forma, se la presencia de patologías,

igualmente el mal estado de conservación de la pieza e óseas individuos osteológicamente inmaduros (perinatales, infantiles, adolescentes)

### **Diseño estadístico**

El modelo que se utilizó en la investigación para los datos fue el análisis multivariante, pues se encarga de estudiar, interpretar y elaborar el material estadístico sobre la base de un conjunto de  $n > 1$  variables, que pueden ser cuantitativas, cualitativas o una mezcla.” (Cuadras, 1981).

Dentro de este modelo, se usó el análisis discriminante (AD), técnica que tiene como finalidad seleccionar las variables independientes o cuantitativas que permiten diferenciar con mayor confiabilidad a los grupos y explica cuáles brinda una mejor clasificación. Además, permite cuantificar su poder de discriminación en la relación de pertenencia de un sujeto u objeto a un grupo u otro.

En las últimas décadas esta prueba estadística explicativa, ha sido ampliamente utilizada en las ciencias sociales, ya que tiene la ventaja de encontrar las características que mejor diferencian uno o varios grupos respecto de otros, de esta forma, indica a priori a qué grupo pertenece cada sujeto u objeto.

### **Materiales:**

Todas las mediciones se tomaron de acuerdo con el procedimiento estándar (Moore-Jansen, & Jantz. 1994), los instrumentos y equipos que se usaron fueron un pie de rey digital calibrado a 0,1 mm y una tabla osteométrica. En la mayoría de los casos se utilizó el húmero izquierdo, debido a los procesos de actividad ocupacional.

Todos los análisis estadísticos se realizaron en un ordenador personal utilizando el software SPSS versión 24.0 (con licencia para la Universidad de Antioquia). Se construyó una base de datos digital, y se realizó un soporte físico –impreso para evitar la pérdida de los datos.

## **Procesos:**

### Supuestos:

Antes comenzar con la prueba de estadística, resultó muy necesario generar los supuestos básicos que se debían comprobar. Para esta situación, los dos supuestos aplicados a los datos fueron: supuesto de normalidad aplicada a las variables independientes, y de la homogeneidad de matrices de covarianzas que por razones perceptibles, debían ser iguales en los dos grupos.

Para el primer supuesto, se aplicó la prueba de Kolmogorov-Smirnov en una muestra, de allí se tiene en cuenta el nivel de significancia menor o igual a 0,05 con corrección de significación de Lilliefors. En el segundo supuesto, se utilizó el test de M. de Box que permitió probar la hipótesis nula de que las matrices de covarianza de las variables dependientes son iguales, de este test se obtiene un valor que tiende a aproximarse a una F de Snedecor con  $df_1$  y  $df_2$  grados de libertad. Para este test, cabe aclarar que si el valor de significación es menor que 0,05 se sugiere que el supuesto no se cumple, y por lo tanto los resultados del modelo no serían significativos.

### Variables:

Como la técnica lo exige, la variable dependiente, en este caso el sexo, es categórica y está definida en dos grupos mutuamente excluyentes, a saber: Hombre y mujer.

De otro lado, las variables independientes usadas son categóricas y representan las cinco medidas del húmero que se tomaron de acuerdo al procedimiento estándar (Moore-Jansen, & Jantz. 1994).

## Operacionalización de las variables



Figura 10. Medidas tomada de: Moore-Jansen, & Jantz. (1994).

Tabla 1. Operacionalización de las variables independientes

Variabes independientes	Indicadores	Unidades	Descripción de categorías	Escala
<b>40. La longitud máxima</b> (LongMáx)	Longitud máxima del húmero	mm	La distancia desde el punto más superior de la cabeza del húmero hasta el punto más inferior de la tróclea (Moore-Jansen, & Jantz. 1994)	Continua
<b>42. Diámetro de la cabeza vertical</b> (DíamVertiCabeza)	Diámetro máximo de la cabeza del humero	mm	la distancia directa entre los puntos más superior e inferior en el límite de la superficie articular (Moore-Jansen, & Jantz. 1994)	Continua
<b>41. Amplitud del epicóndilo</b> (AmplEpicondilar)	Longitud epicondilar del húmero	mm	La distancia del punto más saliente lateralmente sobre el epicóndilo lateral de la proyección correspondiente del epicóndilo medial (Moore-Jansen, & Jantz. 1994)	Continua

<b>43. Diámetro mínimo de la diáfisis</b> (DíamMínejeinter medio)	Diámetro mínimo del eje intermedio del húmero	mm	Determinar el punto medio del húmero con la tabla osteométrica y marcar con un lápiz. Gire el hueso hasta que se determina el diámetro mínimo. (Moore-Jansen, & Jantz. 1994)	Continua
<b>44. Diámetro máximo de la diáfisis</b> (DíamMáxejeInter medio)	Diámetro máximo del eje intermedio del húmero	mm	Determinar el punto medio de la diáfisis con la tabla osteométrica y marcar con un lápiz. Por lo general, el punto medio se sitúa a unos pocos milímetros por debajo del margen inferior de la tuberosidad deltoidea. Gire el hueso hasta que se obtiene el máximo diámetro. Esta medición es diferente de la presentada por otros ya que no es necesariamente en un plano anteroposterior (Moore-Jansen, & Jantz. 1994)	Continua

### Técnicas analíticas

El Análisis Discriminante construye combinaciones lineales de las  $p$  variables predictivas que denomina “variables canónicas”. Esa combinación arroja una variable no observada (**d1**).

$$d1 = b0 + b1x1 + b2x2 + \dots + bpxp$$

$d1$  = las variables independientes

$b0$  = la constante

$xp$  = los coeficientes de discriminación

Los coeficientes de discriminación  $a_j$  son coeficientes de ponderación de las variables predictivas

“La ecuación discriminante resultante será óptima en la medida en que proporcione una regla de clasificación que disminuya los errores de clasificación y en la medida en que explique una mayor parte de la variabilidad intragrupos. Para esto las variables cuantitativas deberían cumplir los supuestos paramétricos” (Torrado & Berlanga, 2013).

### **Clasificación**

Se calculó según el tamaño de los grupos ya que en la muestra hay una marcada diferencia en el tamaño de los grupos (más hombres que mujeres), luego se generaron los resultados para cada caso y tabla de resumen.

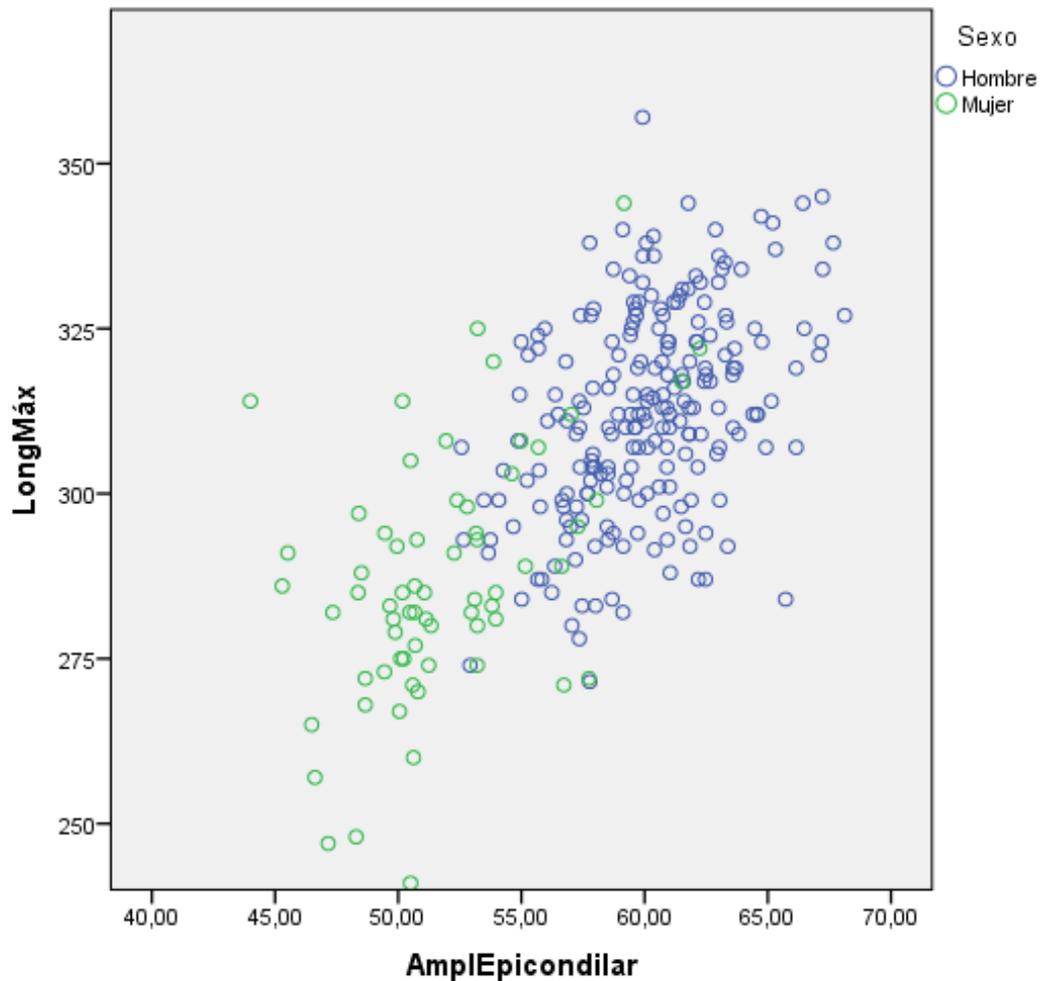
Se realiza la matriz de covarianza intra-grupos, es decir, que la probabilidad a posteriori de un caso en un grupo determinado se calcula a partir de matriz de variación-covarianza combinada, por tanto no se tiene en cuenta la distinta variabilidad de las puntuaciones discriminantes dentro de cada grupo. Finalmente, se generaron los gráficos de grupos combinados y por grupos separados.

La metodología empleada, fue adaptada del modelo de Spradley and Jantz (2011), aunque cabe aclarar que no se está creando un método sino las constantes y cocientes dentro de un modelo previamente realizado. La diferencia radica, en que el método, en este caso sería la función discriminante, fue planteado por estadistas y matemáticos. Con él, no solo Spradley and Jantz (2011), sino Frutos, (2005) o DiGangi & Moore, (2012) y otros investigadores, incluyeron los datos que arrojaron las medidas óseas, y así, discriminaron con mayor eficacia los sexos en las respectivas poblaciones. Las constantes y los cocientes, son los datos que se generaron en el modelo y se pueden extrapolar intra o inter poblacional, dependiendo de la variabilidad previamente estudiada.

## **RESULTADOS**

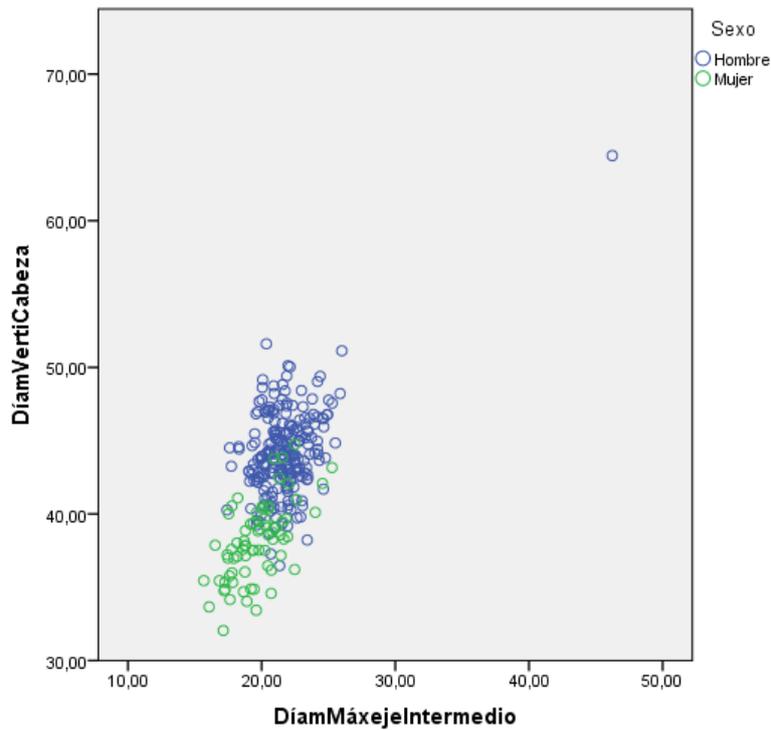
Los datos que se presentarán en los resultados siguientes, fueron generados con el SPSS 24, para ello, se contó con el apoyo de una persona, quien se encargó de realizar el error interobservador, este se aplicó al 20% de la muestra. Inicialmente se presentaran las gráficas básicas, las cuales se observará si las variables independientes utilizadas, presentan medias muy cercanas o alejadas. Luego se aplican los supuestos del modelo discriminante y cuando se observa que el modelo es altamente discriminante se procede a generar las fórmulas para crear los centroides que nos permitirán catalogar a los hombres y mujeres dentro de un valor determinado. Estos valores se comprueban más adelante, con varios datos de la misma investigación, además de realiza la validación cruzada.

Los Diagramas de dispersión se usaron para observar que tanto se diferencian los grupos según las variables independientes y en cuál de las variables independientes se puede observar la mayor diferenciación



**Figura 11.** Diagrama de dispersión amplitud epicondilar y longitud máxima

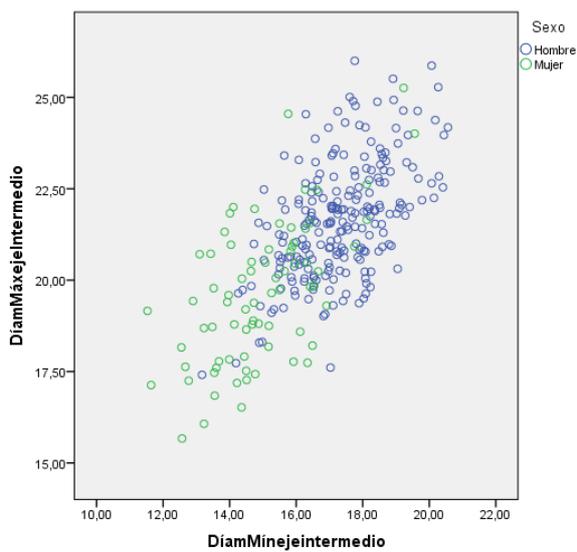
Podemos observar diferencias muy marcadas entre hombres y mujeres, en algunos casos se alcanzan a mezclar, es posible ver que los hombres tienen valores más altos en ambas medidas. La diferencia es más marcada se da en amplitud epicondilar, pues en longitud máxima del húmero los valores se ven más cercanos, aun así, hay diferenciación.



**Figura 12.** Diagrama de dispersión diámetro vertical de la cabeza y el diámetro máximo del eje intermedio.

Se presenta el diámetro vertical de la cabeza y el diámetro máximo del eje intermedio.

Se observa una diferenciación muy grande, aunque también podemos observar outlier (valor atípico)



**Figura 13.** Diagrama de dispersión diámetro vertical de la cabeza y el diámetro máximo del eje intermedio.

En esta gráfica, se observa el diámetro máximo del eje intermedio. Y el diámetro mínimo del eje intermedio. Aunque hay solapamiento, La diferencia es significativa.

**Tabla 2.** Resumen de proceso del caso de análisis

Casos sin ponderar		N	Porcentaje
Válido		278	88,3
Excluido	Código de grupo perdidos o fuera de rango	4	1,3
	Como mínimo, falta una variable discriminadora	33	10,5
	Ambos códigos, los perdidos o los que están fuera de rango y, como mínimo, una discriminación que falta	0	,0
	Total	37	11,7
Total		315	100,0

Se observa el número de casos válidos para hacer la función discriminante que fueron en total 278. Los casos que no se contaron fueron en total 37, estos e debe a que no tienen alguna medida o no tienen sexo, pero si serán utilizados en el momento de clasificar.

**Tabla 3.** Estadísticas de grupo

Sexo		Media	Desviación estándar	N válido (por lista)	
				No ponderados	Ponderados
Hombre	LongMáx	312,273 4	15,79286	214	214,000
	AmplEpicondilar	60,0829	3,10773	214	214,000
	DíamVertiCabeza	44,1425	2,66282	214	214,000
	DíamMáxejeIntermedio	21,6840	1,55340	214	214,000
	DíamMínejeintermedio	17,3659	1,35490	214	214,000
Mujer	LongMáx	286,000 0	18,66837	64	64,000
	AmplEpicondilar	51,8138	3,53253	64	64,000
	DíamVertiCabeza	38,1959	2,56719	64	64,000
	DíamMáxejeIntermedio	19,7236	1,95926	64	64,000
	DíamMínejeintermedio	15,0019	1,59840	64	64,000
Total	LongMáx	306,224 8	19,84499	278	278,000
	AmplEpicondilar	58,1792	4,73565	278	278,000
	DíamVertiCabeza	42,7735	3,63877	278	278,000
	DíamMáxejeIntermedio	21,2327	1,84719	278	278,000
	DíamMínejeintermedio	16,8217	1,72820	278	278,000

En la anterior tabla, se tiene información descriptiva de la medias de las variables independientes tanto del hombre como de la mujer. Una de las diferencias más marcadas en

medias se presentó de las más grandes se presentó en la longitud máxima, cuyo valor para hombres fue de 312,273mm mientras que para l mujer fue de 286,000mm

Solo de lo anterior se puede decir que es posible continuar con el análisis, pues el contraste univariante muestra que si hay separación en los grupos, aunque no quiere decir que las funciones discriminantes serán representativas pero si hay diferencia a nivel univariante es muy probable que lo tengamos a nivel multivariante. Asi mismo se observa el número de casos validos por grupo.

**Tabla 4.** Prueba de igualdad de medias de grupos

	Lambda de Wilks	F	df1	df2	Sig.
LongMáx	,688	125,014	1	276	,000
AmplEpicondilar	,458	327,010	1	276	,000
DíamVertiCabeza	,525	249,717	1	276	,000
DíamMáxejeIntermedio	,800	69,138	1	276	,000
DíamMínejeintermedio	,667	137,675	1	276	,000

La tabla 4 compara la hipótesis de igualdad de medias uno de los supuestos del modelo. También se presenta el estadístico lambda de wilks univariantes, esta tabla es una prueba preliminar si los grupos difieren entre sí con las variables de clasificación utilizadas. El estadístico de lambda de wilks por sí solo no brinda toda la información, por ello debe de leerse usando el estadístico de F. en este caso se puede observar en todas las variables, significancia estadística a nivel univariantes.

**Tabla 5.** Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra

		Longitud Máxima	Amplitud Epicondilar	Diámetro vertical de la cabeza	Diámetro máximo eje intermedio	Diámetro mínimo eje intermedio
N		312	291	309	306	309
Parámetros normales <sup>a,b</sup>	Media	305,78	58,0735	42,6577	21,2176	16,7163
	Desviación estándar	19,905	4,84340	3,92131	2,38571	1,75041
Máximas diferencias extremas	Absoluta	,053	,086	,081	,085	,050
	Positivo	,018	,057	,041	,085	,022
	Negativo	-,053	-,086	-,081	-,070	-,050
Estadístico de prueba		,053	,086	,081	,085	,050
Sig. asintótica (bilateral)		,032 <sup>c</sup>	,000 <sup>c</sup>	,000 <sup>c</sup>	,000 <sup>c</sup>	,063 <sup>c</sup>
a. La distribución de prueba es normal.						
b. Se calcula a partir de datos.						
c. Corrección de significación de Lilliefors.						

La prueba realizada para probar el supuesto de normalidad se presenta en la tabla 5. En ella, se observa significancia solo en tres medidas Amplitud Epicondilar, Diámetro vertical de la cabeza y Diámetro máximo eje intermedio. Sin embargo, si es posible continuar con el análisis ya que la función no es susceptible a este supuesto.

**Tabla 6.** Resultados de prueba- M de Box

<b>M de Box</b>		9,580
F	Aprox.	1,567
	df1	6
	df2	81792,407
	Sig.	,152
Prueba la hipótesis nula de las matrices de covarianzas de población iguales.		

Esta es la prueba M de box usada para contrastar hipótesis nula de igualdad de matrices de varianzas-covarianzas uno de los supuestos del modelo. Esta prueba funciona al contrario de las

demás, pues lo que busca es aceptar hipótesis nula, de esta forma, se puede suponer que no se rechaza hipótesis de igualdad de matrices de varianzas-covarianzas

**Tabla 7.** Variables entradas/eliminadas a,b,c,d

Escalón	Especificado	Lambda de Wilks							
		Estadístico	df1	df2	df3	F exacta			
						Estadístico	df1	df2	Sig.
1	AmplEpicondilar	,458	1	1	276,000	327,010	1	276,000	,000
2	DíamVertiCabeza	,425	2	1	276,000	186,336	2	275,000	,000
3	DíamMínejeintermedio	,418	3	1	276,000	127,325	3	274,000	,000

En cada paso, se entra la variable que minimiza la lambda de Wilks global.

a. El número máximo de pasos es 10.

b. La significación máxima de F para entrar es .05.

c. La significación mínima de F para eliminar es .10.

d. El nivel F, la tolerancia o VIN no suficiente para un cálculo adicional.

La tabla 7 presenta el resumen de pasos llevados a cabo en la construcción de la función Discriminante. Fueron 3 pasos en cada paso informa la variable que ha sido incorporada al modelo, en el paso uno fue amplitud epicondilar y no hay expulsión de variables en ninguno de los pasos, por tanto en todos los pasos llevados a cabo han sido de incorporación hasta llegar a tercera, las demás variables no se utilizaron, no son muy discriminantes.

Si se observa el estadístico de F, se nota que los valores van descendiendo, esto es bueno ya que nos indica la variable con mayor potencial de discriminación. Además, el nivel de significancia de todas las tres es estadísticamente aceptada.

**Tabla 8.** Variables en el análisis

Escalón		Tolerancia	Sig. de F para eliminar	Lambda de Wilks
1	AmplEpicondilar	1,000	,000	
2	AmplEpicondilar	,687	,000	,525
	DíamVertiCabeza	,687	,000	,458
3	AmplEpicondilar	,604	,000	,481
	DíamVertiCabeza	,680	,000	,446
	DíamMínejeintermedio	,785	,034	,425

Esta tabla 8 es el resumen de cada uno de los pasos de cómo fueron entrando las variables una a una al modelo. Se observa la tolerancia para saber qué tan correlacionadas están las variables. En el paso cero todas las variables tienen una tolerancia de 1, igual que en el paso uno la primera variable tiene una tolerancia de uno pues al estar sola no hay variables que pueden explicar nada de ella, en el segundo paso al incorporarse otra variable la tolerancia baja y si miramos que en el tercer paso la otra variable no baja tanto podemos inferir que las dos primeras variables tienen más correlación que con la tercera

**Tabla 9.** Variables no utilizadas en el análisis

Escalón		Tolerancia	Tolerancia mín.	Sig. de F para entrar	Lambda de Wilks
0	LongMáx	1,000	1,000	,000	,688
	AmplEpicondilar	1,000	1,000	,000	,458
	DíamVertiCabeza	1,000	1,000	,000	,525
	DíamMáxejeIntermedio	1,000	1,000	,000	,800
	DíamMínejeintermedio	1,000	1,000	,000	,667
1	LongMáx	,792	,792	,027	,450
	DíamVertiCabeza	,687	,687	,000	,425
	DíamMáxejeIntermedio	,761	,761	,683	,457
	DíamMínejeintermedio	,793	,793	,008	,446
2	LongMáx	,710	,616	,454	,424
	DíamMáxejeIntermedio	,757	,582	,466	,424
	DíamMínejeintermedio	,785	,604	,034	,418
3	LongMáx	,694	,583	,669	,417
	DíamMáxejeIntermedio	,625	,561	,079	,413

La tabla 9 es la opuesta a la tabla 6, pues muestra todas las variables que están opciones a ser incluidas en cada paso.

La columna de tolerancia es la que tendría cada variable si entrara al modelo en el siguiente paso, la tolerancia mínima es la tolerancia que tendría la variable por la incorporación de una nueva variable

Tabla 10. Autovalores

Función	Autovalor	% de varianza	% acumulado	Correlación canónica
1	1,394 <sup>a</sup>	100,0	100,0	,763
a. Se utilizaron las primeras 1 funciones discriminantes canónicas en el análisis.				

Tabla 11. Lambda de Wilks

Prueba de funciones	Lambda de Wilks	Chi-cuadrado	gl	Sig.
1	,418	239,637	3	,000

El autovalor es el cociente entre la variación debida a la diferencia entre los grupos y la variación que se da dentro de cada grupo, este estadístico es difícilmente interpretable por si solo por esta razón se utiliza estadístico lambda de wilks.

La correlación canónica es alta (muy próxima a uno) por tanto está indicando que las variables discriminantes permiten diferenciar entre los grupos.

El estadístico lambda de w. está mostrando la variabilidad total no debida a las diferencias entre los grupos, valores próximos a uno indican gran parecido entre grupos, valores más próximos a cero indican gran diferencia, aquí está más cerca a cero por tanto nos indica que si hay diferencia

**Tabla 12.** Coeficientes de la función discriminante canónica

	Función
	1
AmplEpicondilar	,190
DíamVertiCabeza	,152
DíamMínejeintermedio	,133
(Constante)	-19,829
Coeficientes no estandarizados	

**Tabla 13.** Coeficientes de función discriminante canónica estandarizadas

	Función
	1
AmplEpicondilar	,611
DíamVertiCabeza	,402
DíamMínejeintermedio	,188

**Tabla 14.** Funciones en centroides de grupo

Sexo	Función
	1
Hombre	,643
Mujer	-2,151
Las funciones discriminantes canónicas sin estandarizar se han evaluado en medias de grupos.	

Con los coeficientes estandarizados podemos ver cuál de las variables tiene más peso al momento de discriminar en los grupos, aquí, la amplitud epicondilar tiene mayor importancia a la hora de predecir el grupo de pertenencia

Para interpretar los signos de los coeficientes es importante mirar los centroides, en este caso podemos ver que el grupo de mujeres tiende a obtener puntuaciones negativas y los hombres puntuaciones positivas en la función discriminante. Sabido esto, podemos decir que la función discriminante nos indica que una disminución en el valor de las variables independientes (por debajo de la media) hará que el individuo obtenga puntuación negativa y con ello se ajuste al patrón de las mujeres

Los coeficientes no estandarizados son los que se utilizan para calcular las puntuaciones discriminantes y la ubicación de los centroides de los grupos.

Para ver el centroide de cada grupo:

Con la media del grupo en la variable discriminante y con los coeficientes no estandarizados se obtienen los centroides de la función discriminante

**Centroide:**

$$d1 = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 \dots$$

$$= -19,829 + 0,190 * 60,0829 + 0,152 * 44,1425 + 0,133 * 17,3659 = 0,6$$

**Tabla 15. PUNTOS DE CORTE:** Modelo de Calcificación general para el húmero

Hombres	Mujeres
0,643	-2,151

**Tabla 16. FÓRMULA PARA ESTIMAR DIMORFISMO SEXUAL EN HÚMERO**

<b>Húmero</b>	$(0,190 \times \text{Amplitud Epicondilar}) + (0,152 \times \text{Diámetro vertical de la cabeza}) + (0,133 \times \text{Diámetro mínimo del eje intermedio}) + (-19,829)$
---------------	--

**Tabla N° 16:** Observamos la fórmula que se debe de aplicar para la clasificación de un nuevo número. Ese fue el modelo general que arrojó la función discriminante.

## Calificación

**Tabla 17.** Resultados de clasificación a,c

		Sexo	Pertenencia a grupos pronosticada		Total
			Hombre	Mujer	
Original	Recuento	Hombre	223	9	232
		Mujer	18	61	79
		Casos sin agrupar	2	2	4
	%	Hombre	96,1	3,9	100,0
		Mujer	22,8	77,2	100,0
		Casos sin agrupar	50,0	50,0	100,0
Validación cruzada <sup>b</sup>	Recuento	Hombre	223	9	232
		Mujer	20	59	79
	%	Hombre	96,1	3,9	100,0
		Mujer	25,3	74,7	100,0
a. 91,3% de casos agrupados originales clasificados correctamente.					
b. La validación cruzada se ha realizado sólo para aquellos casos del análisis. En la validación cruzada, cada caso se clasifica mediante las funciones derivadas de todos los casos distintos a dicho caso.					
c. 90,7% de casos agrupados validados de forma cruzada clasificados correctamente.					

Esta tabla resume la capacidad predictiva de la función discriminante El 91,3 % de individuos fueron clasificados correctamente.

La validación cruzada es la clasificación de cada caso tras dejarlo fuera del cálculo de la función discriminante es 90,7.

## DISCUSIÓN

El húmero ha sido ampliamente estudiado para las diferencias basadas en el tamaño entre los sexos, pero también muestra algunas diferencias morfológicas, especialmente en la parte distal del hueso (Rogers 1999, 2009; Vance et al., 2011). En muestras de esqueleto documentadas de China (N587), Japón (N590) y Tailandia (N5104). Iscan, et, al (1998) establecieron estándares métricos para la determinación del sexo a partir del húmero de las tres poblaciones, y compararon el tamaño y dimorfismo sexual en estas poblaciones mongoloides asiáticas. Se tomaron seis dimensiones estándar, incluyendo la longitud máxima, el diámetro vertical de la cabeza, el diámetro mínimo del eje medio, el diámetro máximo del eje medio, la circunferencia del eje medio y la anchura epicondilar y se sometieron a análisis de función discriminante por etapas y directo. De las dimensiones seleccionadas por la función escalonada, el diámetro vertical de la cabeza y la anchura epicondilar eran los únicos elementos comunes a todos los grupos. En general, las precisiones medias fueron más altas utilizando fórmulas producidas por el procedimiento escalonado y oscilaron entre 86.8% en el chino a 92.4% en el japonés a 97.1% en los tailandeses. Las comparaciones de grupos también revelaron que mientras que los chinos tenían las mediciones más grandes, eran los menos dimórficos. Lo contrario era para los tailandeses y los japoneses quienes eran intermedios en ambos aspectos. Se concluyó por tanto, que aunque todos los individuos eran mongoloides asiáticos, estas poblaciones de diversidad regional exhibían diferencias métricas significativas que afectaban la determinación del sexo a partir del esqueleto. Iscan, et, al (1998).

Steyn, & Iscan, (1999) desarrollaron una técnica osteométrica de determinación del sexo utilizando el húmero. Seis dimensiones humerales se analizaron inicialmente usando estadísticas de función discriminante por etapas. El diámetro de la cabeza humeral, la circunferencia de la tuberosidad deltoidea y la anchura epicondilar fueron calculados individualmente para hacer la técnica utilizable para los restos fragmentados. Los resultados

indicaron que los diámetros epicondilares y cabeza son los mejores en blancos para diferenciar los sexos entre sí, mientras que el diámetro de la cabeza y la longitud máxima son mejores en los negros. La exactitud de la clasificación correcta fue tan alta como 96% en blancos y 95% en negros.

Una metodología para el desarrollo de métodos métricos de determinación de sexo específicos de muestras utilizando individuos no identificados que pueden aplicarse a muestras arqueológicas, fue presentada por Albanese, et al (2005). Lo interesante de tal metodología, es que no requiere de una gran muestra de las características morfológicas pélvicas como un primer paso en el desarrollo del método y en su lugar se desarrolla a partir de una muestra de individuos con sexo desconocido. El procedimiento consiste en utilizar la media general de una medida recogida de la muestra como criterio discriminante para determinar el sexo de los individuos en esa misma muestra. Los experimentos con diferentes tamaños de muestra y relaciones sexuales utilizando mediciones de húmero distal de la Colección Coímbra (Portugal) sugieren que la precisión de asignación de 83-96% puede esperarse cuando la muestra utilizada para desarrollar el método es superior a 40 individuos y la proporción de sexos es menor que 1,5: 1. Los resultados de la muestra de Belleville confirman que las mediciones de la articulación del húmero consistentemente proporcionan las máximas exactitudes de asignación (88-100%) incluso cuando la proporción de sexos en la muestra utilizada para desarrollar el método se estima en 1,9: 1.

En Guatemala Frutos, L. R. (2005). Se estudió una muestra de 118 húmeroS completos (68 machos y 50 hembras); Longitud máxima, diámetro máximo de la cabeza, circunferencia en el eje medio, El diámetro máximo en el eje medio, el diámetro mínimo en el eje medio y la anchura epicondilar fueron medidos y sometidos a análisis de función discriminante. Las precisiones de clasificación para las funciones univariadas varían entre 76,8% para el diámetro

máximo en el eje medio y 95,5% para el diámetro máximo de la cabeza. La precisión de clasificación para el procedimiento por etapas fue del 98,2%.

En una muestra compuesta por siete esqueletos documentados de adolescentes, se evaluó la exactitud del método de Rogers (1999) de determinación del sexo morfológico utilizando el húmero distal, para evaluar el sexo de los esqueletos de los adolescentes. La técnica alcanzó una precisión del 81% en la muestra combinada de 42. Este método puede aplicarse a los esqueletos de los adolescentes una vez que la tróclea comienza a fusionarse con la diáfisis humeral, que ocurrió a los 11 años en las muestras de prueba. (Rogers, 2009).

En cretenses contemporáneos Kranioti & Michalodimitrakis, (2009), un total de 168 húmeros izquierdos se midieron de acuerdo a las técnicas osteométricos estándar. Las diferencias entre las medias en hombres y mujeres fueron significativas ( $p < 0,0005$ ). Cerca del 92,3% de los casos se clasificaron correctamente cuando se aplicaron conjuntamente todas las mediciones. Se produjo un índice de precisión del 92,9%. La dimensión única más eficaz fue el diámetro vertical de la cabeza (89,9%). El presente estudio proporciona normas para una población que no ha estado representada hasta el momento en las bases de datos existentes. Demuestra que el húmero es un hueso eficaz para la estimación del sexo, ya que incluso en un estado fragmentario puede dar una alta precisión de clasificación.

En un estudio publicado ese mismo año, se evaluó el sexo del húmero en una población griega contemporánea mediante el análisis geométrico-morfométrico de los datos de forma derivados de radiografías digitales. Los resultados indican la existencia de diferencias de forma entre los sexos. En las hembras el mayor tubérculo es más liso, con su borde superior menos pronunciado. Además, las hembras tienen una epífisis distal relativamente cuadrada, mientras que los machos exhiben una forma más rectangular. Las diferencias de forma entre los sexos, para los datos con validación cruzada, dan resultados de clasificación ligeramente mejores en

el húmero proximal (73%) en comparación con el húmero distal (71%). Sólo el tamaño mejoró (86,5% para proximal y 85,6% para el húmero distal). Como se anticipó, hay una mejora la precisión de clasificación (89,6% para proximal y 89,7% para epífisis distal) cuando se combinan tamaño y forma. Kranioti, et, al (2009).

En una muestra norteamericana Spradley y Jantz, (2011) evaluaron la eficacia de los elementos craneales como segundos mejores indicadores de sexo frente a los elementos postcraneales a través de una serie de funciones discriminantes. Los resultados indican claramente que la mayoría de los elementos postcraneales superan el cráneo en la estimación de sexo. Es posible estimar correctamente el sexo entre un 88-90% de los individuos con el tamaño de la articulación, hasta el 94% con los modelos multivariados de los huesos postcraneales. Los mejores modelos para el cráneo no superan el 90%. Llegaron a la conclusión de que los elementos postcraneales son preferibles al cráneo para estimar el sexo cuando la pelvis no está disponible.

Un estudio investigó el dimorfismo sexual en los huesos largos del húmero y el fémur para las personas entre el nacimiento y 1 año de edad. Se utilizó una muestra radiográfica incluyó 85 imágenes femorales y 45 humerales para análisis en relación con el sexo. Mediciones de longitudes y amplitudes se recogieron a través de software tpsDig. El análisis discriminante resultó ser el método más exitoso, con tasas de error del 3% cuando se utilizó la amplitud máxima en el eje medio del fémur y el 11% con la amplitud distal máxima del húmero. (Stull, & Godde, K. 2013).

Otro estudio se realizó en la India por Soni, et, al (2013). Se tomaron seis medidas de húmero. Los valores medios de cinco mediciones fueron significativamente más altos en varones que en mujeres (P 5 0,001) con análisis univariante. El parámetro único más dimórfico en base al análisis discriminante fue el ancho epicondilar, con una precisión del 80% en varones y 87,5%

en mujeres. La segunda mejor variable según el análisis discriminante escalonado fue el diámetro vertical de la cabeza, con un 87,5% de precisión en los machos y un 70% de precisión en las hembras. La combinación de anchura epicondilar y diámetro vertical de la cabeza proporcionó mejores resultados, con un 85% de precisión en los machos y un 90% de precisión en las hembras.

Recientemente Reddy, et al (2014), se centraron en evaluar las diferencias en el sexo presentes en la morfología en la región de Tamil Nadu, a través del análisis estadístico. Se aplicaron pruebas estadísticas a los datos métricos obtenidos para evaluar si las diferencias entre las medias de cada parámetro eran estadísticamente significativas. La longitud del Húmero, el peso del Húmero, la circunferencia del Eje Medio, el diámetro Transverso y Vertical de la superficie articular superior, la anchura Bi-epicondilar del Húmero se encontraron como parámetros más discriminatorios para la identificación del sexo de Húmero.

En Chile también se ha investigado el dimorfismo sexual, esta vez se utilizaron la escápula, clavícula, húmero, radio, ulna, fémur, tibia y fíbula, en una muestra de 131 (69 de sexo masculino y 62 de sexo femenino) esqueletos adultos de la Colección Sub-actual de Santiago, Chile. Los datos fueron sujetos al análisis discriminante obteniendo una precisión entre 70% y 90,5% en la determinación de sexo. Simultáneamente se investigó la presencia de asimetría bilateral inter e intra-individuos, siendo significativa solo a nivel de individuos. Los resultados de este estudio contribuyen a la caracterización de una parte de la población chilena moderna y son de aplicación en el área forense. Garrido-Varas, et, al (2014).

Al Shehri, & Soliman, K. E. (2015). Con radiografías examinaron la aplicabilidad de las mediciones tomadas del húmero para evaluar el sexo y contribuir a establecer ecuaciones de funciones discriminantes para las poblaciones sauditas para aplicaciones médicas legales. Las dimensiones radiográficas estudiadas del húmero indicaron que existen diferencias

significativas ( $p < 0,05$ ) entre las mediciones de machos y hembras, mientras que la diferencia entre medidas de derecha e izquierda no fue significativa. Los hallazgos revelaron que la parte proximal del húmero tiene mayor precisión diagnóstica que las partes distal y media. La exactitud de la clasificación correcta varía entre 68,0% (amplitud epicondilar) y 90,4% (diámetro vertical de la cabeza) para los análisis univariados. Cuando se realizaron los análisis multivariados, se produjeron tres funciones, con una precisión que osciló entre el 88,4% y el 94,3%. Estos hallazgos sugieren que las dimensiones del húmero, especialmente las medidas tomadas de las partes proximales, podrían utilizarse con éxito para el diagnóstico de sexo.

Recientemente, Spradley et al (2014) presentó nuevos criterios de estimación de la población específicos para las medidas postcraneales para los hispanos mexicanos. Utilizaron procedimientos de selección de variable paso a paso y análisis de función discriminante para generar funciones de clasificación para postcranial. También se crearon puntos de sección para las mediciones seleccionadas. Las variables que mejor clasificaban sexo en húmero fueron exactamente las mismas variables del presente estudio. Son: la amplitud epicondilar, diámetro vertical de la cabeza y diámetro mínimo del eje intermedio. Con un 87.82% de confiabilidad.

## CONCLUSIONES

Según la información bibliográfica, se puede concluir que la información en lo referente a la maduración de los miembros tanto superior como inferior, se ha planteado y expuesto desde mediados del siglo XIX. No obstante, las primeras observaciones se llevaron a cabo en animales que tenían características similares a los humanos. Entrado el Siglo XX, los investigadores comenzaron a utilizar fetos humanos y según el tiempo de gestación, describían las características y comparaban sus tamaños, con ello se pudo confirmar que el esqueleto no madura paralelo.

Esta maduración ósea, está influenciada por factores tanto internos como externos, de allí que las poblaciones presenten diferencias, a veces incluso, tan marcadas que se pueden observar a nivel fisiológico. Esto es, que mientras las personas están predispuestas genéticamente, el ambiente externo, influye en la fisiológica plena. A lo anterior, se le debe de anexar que indiscutiblemente los hombres comienzan su último pico de estiramiento después que las mujeres, esto, sumado a las funciones de parto en la mujer, permite que se generen diferencias en los esqueletos de ambos sexos que se representan visualmente en la región pélvica.

Cabe anotar, que el ser humano es una de la especie que menos exhibe dimorfismo sexual, las características tanto de hombre como de mujer son muy similares. De ahí que las observaciones que arrojan las investigaciones en homínidos del pasado, inciden en que estos eran más dimórficos que el humano actual, y fueron las propiedades de adaptación al ambiente las que llevaron a la reducción de las diferencias sexuales. Esta teoría también genera mucha confusión, puesto que paralelo a ella, se afirma que en realidad lo que se considera como dimorfismo, no es más que una mala clasificación taxonómica. Se necesitan más especímenes fósiles que desmientan o ayuden a comprobar la observación expuesta con anterioridad.

En la actualidad el dimorfismo sexual ha sido un tema muy investigado, en general, se conoce sobre aspectos como la composición corporal y los factores extrínsecos e intrínsecos que influyen en la fisiología plena. También, estadísticamente se han generado valores para clasificar a una persona de acuerdo a los periodos de vida a lo largo de su ciclo vital. Anteriormente estos datos eran proporcionados en países con mayores niveles de desarrollo económico-social. Hoy, se han realizado estándares basados en la población total.

Con el propósito de parto, la pelvis de la mujer, continúa creciendo y cambiando de forma hasta los 18 años, pero la pelvis del hombre, mantiene características prepuberales (Buikstra y Ubelaker, 1994; Bogin, 1999).

Cuando se trata del sistema esquelético, el dimorfismo se mide en función del tamaño a la forma. Se reconoce en gran medida los avances macro y microforológicos. Aunque vale la pena mencionar que solo en la última década, estas investigaciones han comenzado a reportarse en países como Guatemala, Tailandia, Grecia o la India. Normalmente, dichas investigaciones se generaban en población Europea y Norteamericana, y las demás debían de aplicar los métodos a sus poblaciones locales, esto podía generar datos errados y sesgos.

Ahora bien, muchos países cuentan con la fortuna indiscutible de tener en sus museos, centro de investigación o Universidades, colecciones antiguas y Arqueológicas de restos óseos. Se anterior, es realmente valioso, ya que permite entender muchos procesos del presente con el estudio del pasado.

Pero de aquí surgen las preguntas ¿Cómo es la población contemporánea y local? Y ¿Cómo influyeron los procesos de mestizaje en la morfología plena de las personas? ¿Cómo se puede caracterizar una población contemporánea y local a nivel esquelético?

Una a una de las preguntas se pueden responder comenzando por generar investigación básica, pero ello solo se puede lograr, creando una colección de restos óseos humanos contemporáneos

y completamente documentados. Así lo hace Coimbra en Portugal, China, Japón, Bogotá y Medellín en Colombia.

Estas investigaciones, que han tomado mayor fuerza, no solo permiten caracterizar la población, sino que ayuda en la identificación de esqueletos humanos. Atendiendo a esto, la Antropología Forense vio la necesidad de involucrar métodos medibles y cuantificables que le aportaran mayor confiabilidad a sus observaciones.

Ya no bastaba con observar la cantidad de accidentes en una pieza ósea para definir su ascendencia, o calcular visualmente el grosor de una fosa, apófisis o cresta para decir si los restos pertenecían a un hombre o una mujer. Ya era necesario, ser precisos con los datos, pues en ello influía la veracidad de las interpretaciones y en el que una familia más, por lo menos, sintiera la tranquilidad de saber que los restos de su ser querido yacen en sus manos y no en cementerios o fosas esperando doliente.

Uno de los caracteres individuales que se deben conocer es el dimorfismo sexual, aspecto que ha movido esta investigación. Siempre se ha usado la pelvis o el cráneo para evaluar sexo. Sin embargo, cuando se trata de individuos que llevan muchos años inhumanos o que por sus condiciones de muerte fueron desarticulados, decapitados o mutilados, es difícil, recurrir a estas piezas óseas, por ello, es necesario usar otras alternativas como el esqueleto postcraneal, que como se ha demostrado, incluso fragmentado da resultados estadísticamente significativos .

Según Spradley y Jantz, (2011), ha indicado que ha sido una falsa idea el decir de que el cráneo es el segundo mejor estimador de sexo. Sin embargo, su investigación en Estados Unidos, donde trabajó con datos de individuos negros y blancos, permitió evidenciar que es el esqueleto postcraneal de donde se obtiene mejor información acerca de las diferencias sexuales. La metodología, en realidad no es nueva, pero ha sido la que más resultados ha arrojado en los

últimos años. Incluso muchos investigadores en el mundo, se ha dado a la tarea de usarla para caracterizar sus poblaciones y aportar en la elaboración del perfil biológico.

Hoy, este tipo de investigaciones tiene significancia, pues en un país como Colombia, la cantidad de desaparecidos es considerable, y es de vital importancia identificar aquellos que constantemente se encuentran en fosas. Digangi y Moore (2012, 2016), posterior a su investigación siguiendo el modelo de Spradley y Jantz (2011) en la colección de Medicina legal de Bogotá, explicaban la necesidad de que Colombia avanzara en investigación básica, y agradeciendo que El laboratorio de Osteología Antropológica cuenta con más de 500 individuos completamente documentados, es propicio general este tipo de estudios.

Este estudio de Spradley y Jantz (2011) utilizó individuos identificados positivamente del banco de datos forenses que representaban poblaciones específicas de los Estados Unidos. Se informó que que las tasas correctas de clasificación por el tamaño de la articulación solo alcanzaron una precisión del 89/90% y el análisis multivariado del tamaño de la articulación alcanzó la precisión del 94%. Esto se comparó con la estimación craneométrica del sexo, que sólo alcanzó una tasa de clasificación univariada del 78% para la amplitud bizigomática, aunque el análisis multivariado aumentó las tasas de clasificación para el sexaje. Por lo tanto, estos autores concluyeron que la estimación métrica del sexo postcraneal es preferible a la estimación craneométrica del sexo debido a las mayores tasas de exactitud, desacreditando la opinión sostenida durante décadas de que el cráneo es superior a los huesos largos para el sexaje (Spradley y Jantz, 2011).

Esta investigación realizada solo en el húmero, también siguió el modelo del análisis discriminante, pues es que mejor ayuda a identificar las características que diferencian el sexo, y crea una función capaz de distinguir con la mayor precisión posible a los miembros de cada grupo.

Con respecto a la investigación reciente realizada por Moore, et al (2016) en Bogotá, el húmero generó clasificación alto. Aunque en este caso la variable que entraban discriminado mejor en el modelo fue la amplitud epicondilar, diámetro vertical de la cabeza y eje mínimo intermedio en ese orden respectivamente. En la investigación de Moore, et al (2016) la variable que tiene mayor significancia fue el Diámetro de cabeza humeral (86,0). Es decir, que hay similitud de discriminación.

En la investigación de Moore, et al (2016) el húmero también tuvo una clasificación alta, correspondiente (89,1%). En esta investigación la clasificación fue de 91,3 %. Aunque vale la pena aclarar, que las muestras tanto de Bogotá como de Medellín fueron muy diferentes. Mientras que la muestra usada por Moore, et al (2016) fue de 134 individuos (50 mujeres, 84 hombres) entre las Edades de 19 y 93, la Antioqueña fue de 315 húmeros, pertenecientes a 232 hombres entre las edades 15 – 99 años de edad y 83 mujeres entre 15 – 102 años de edad.

Con respecto a los métodos vale la pena destacar que Según Spradley & Jantz, (2011) y DiGangi & Moore, (2012); existe un notorio error al referirse a los términos de evaluación, determinación y estimación del dimorfismo sexual. La determinación del sexo, implica una confianza del 100%, aspecto que no se alcanzaría dado la variabilidad poblacional

El análisis no métrico en la estimación del sexo implica una evaluación visual, cualitativa de las características del esqueleto que tienden a variar entre los machos y las hembras. Mientras que los rasgos no métricos son "de valor más inmediato" para el antropólogo forense porque requieren menos tiempo y esfuerzo que la estimación métrica del sexo Rogers, (1987), Mientras que el método métrico implica menos subjetividad y menor error inter e intraobservador (Adams y Byrd, 2002; Spradley y Jantz, 2011)

En este caso, los valores de los centroides fueron Hombre **0,643** y Mujer **-2,151**.

La fórmula que se debe de aplicar es la siguiente:  $d1 = b0 + b1x1 + b2x2...$

Los valores de los coeficientes y constantes es reemplazar por los que arrojó la función discriminante, es decir, Amplitud Epicondilar; Diámetro Vertical de la Cabeza y Diámetro Mínimo del eje intermedio.

Se puede afirmar que se prueba la hipótesis de que las epífisis son las partes que presentan mayor diferencias sexuales en el húmero de hombres y mujeres del humero, esto es en los sitios de inserción muscular, se debe quizás, a las actividades ocupacionales diarias.

Ante lo anterior, las variables independientes, (La longitud máxima, Diámetro de la cabeza vertical, Amplitud del epicóndilo, Diámetro mínimo de la diáfisis y Diámetro máximo de la diáfisis), son altamente significativas para el análisis predictivo del dimorfismo sexual en la población antioqueña.

Las variables independientes que mejor discriminaron sexo también fueron las mismas que obtuvo Spradley et al (2014) en una muestra de Hispanos Mexicanos. Aunque, su tasa de clasificación general fue de 87.82%.

Este modelo es estadísticamente predictivo, ya que la capacidad de la función discriminante fue del 91,3 %, esto quiere decir que solo faltó menos del 9% de las medidas osteométricas de los individuos para clasificar correctamente. Por ello, se puede extrapolar con un alto grado de confiabilidad, y es recomendable utilizar en casos aplicables al contexto forense. Además, es un estudio que aportará mucho en investigaciones donde solo se tienen los restos óseos de un individuo sin identificar, de esta forma se podrá determinar las diferencias en tamaño y volumen de los húmeros y por ende sexarlos correctamente y aportar en el reconocimiento de las víctimas directas de crímenes perpetrados en el marco de los diferentes conflictos en Colombia y en especial la región Antioqueña.

Se espera tener una muestra mayor que abarque todas las regiones de Colombia para poder adaptar o generar modelos que se puedan aplicar a toda la población colombiana.

## BIBLIOGRAFÍA

Adams, B. J., & Byrd, J. E. (2002). Interobserver variation of selected postcranial skeletal measurements. *Journal of Forensic Science*, 47(6), 1193-1202.

Aiello, L. C., & Wood, B. A. (1994). Cranial variables as predictors of hominine body mass. *American Journal of Physical Anthropology*, 95(4), 409-426.

Al Shehri, F., & Soliman, K. E. (2015). Determination of sex from radiographic measurements of the humerus by discriminant function analysis in Saudi population, Qassim region, KSA. *Forensic science international*, 253, 138-e1.

Andrews, P. (1981). Species diversity and diet in monkeys and apes during the Miocene. *Aspects of human evolution*, 25-61.

Amprino, R., & Cattaneo, R. (1937). Il substrato istologico delle varie modalità di inserzioni tendinee alle ossa nell'uomo. *Anatomy and Embryology*, 107(5), 680-705.

Armelagos, G. J., & Van Gerven, D. P. (1980). Sexual dimorphism and human evolution: an overview. *Journal of Human Evolution*, 9(5), 437-446.

Asala, S.A., Bidmos, M.A., Dayal, M.R., 2004. Discriminant function sexing of fragmentary femur of South African blacks. *Forensic Science International* 145 (1), 25e29.

Bardeen, C. R., & Lewis, W. H. (1901). Development of the limbs, body-wall and back in man. *American Journal of Anatomy*, 1(1), 1-35.

Bidmos, M.A., Asala, S.A., 2004. Sexual dimorphism of the calcaneus of South African blacks. *Journal of Forensic Sciences* 49 (3), 446e450

Biggerstaff, R. H. (1975). Cusp size, sexual dimorphism, and heritability of cusp size in twins. *American journal of physical anthropology*, 42(1), 127-139.

- Bogin, B. (1999). *Patterns of human growth* (Vol. 23). Cambridge University Press.
- Burns, K. R. (2012). *Forensic anthropology training manual*. Routledge.
- Brace, C. L., & Ryan, A. S. (1980). Sexual dimorphism and human tooth size differences. *Journal of Human Evolution*, 9(5), 417-435.
- Brauer, G. W. (1982). Size sexual dimorphism and secular trend: Indicators of subclinical malnutrition. *Sexual dimorphism in Homo sapiens: A question of size*, 245-259.
- Baker, B. J., Dupras, T. L., & Tocheri, M. W. (2005). *The osteology of infants and children* (No. 12). Texas A&M University Press.
- Buikstra, J. E., & Ubelaker, D. H. (1994). Standards for data collection from human skeletal remains.
- Clark, W. E. L. G., & Leakey, L. S. B. (1951). *The Miocene Hominoidea of East Africa* (No. 1). order of the Trustees of the British Museum.
- Christensen, A. M., Passalacqua, N. V., & Bartelink, E. J. (2013). *Forensic anthropology: Current methods and practice*. Elsevier.
- DiGangi, E. A., & Moore, M. K. (Eds.). (2012). *Research methods in human skeletal biology*. Academic Press.
- Faldino, G. I. U. L. I. O. (1921). Ricerche sullo sviluppo delle articolazioni. *Chir. Organi Mov.*, 5, 609.
- Fleagle, J. G., & McGraw, W. S. (1999). Skeletal and dental morphology supports diphyletic origin of baboons and mandrills. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 96(3), 1157-1161.

Fomon, S. J., Haschke, F., Ziegler, E. E., & Nelson, S. E. (1982). Body composition of reference children from birth to age 10 years. *The American journal of clinical nutrition*, 35(5), 1169-1175.

Fruyer, D. W. (1980). Sexual dimorphism and cultural evolution in the late Pleistocene and Holocene of Europe. *Journal of Human Evolution*, 9(5), 399-415.

Fruyer, D. W., & Wolpoff, M. H. (1985). Sexual dimorphism. *Annual Review of Anthropology*, 429-473.

Frutos, L. R. (2005). Metric determination of sex from the humerus in a Guatemalan forensic sample. *Forensic science international*, 147(2), 153-157.

Garnero, P., Sornay-Rendu, E., Chapuy, M. C., & Delmas, P. D. (1996). Increased bone turnover in late postmenopausal women is a major determinant of osteoporosis. *Journal of Bone and Mineral Research*, 11(3), 337-349.

Garrido-Varas, C., Thompson, T., & Campbell, A. (2014). Parámetros métricos para la determinación de sexo en restos esqueléticos chilenos modernos. *Chungará (Arica)*, 46(2), 285-294.

Giles, E. (1970). Discriminant functions sexing of the human skeleton. *Personal identification in mass disasters*, 99-107.

Grabowski, H. G, DiMasi, J. A., & Hansen, R. W. (2016). Innovation in the pharmaceutical industry: new estimates of R&D costs. *Journal of health economics*, 47, 20-33.

Gray, D. J., & Gardner, E. (1951). Prenatal development of the human elbow joint. *American Journal of Anatomy*, 88(3), 429-469.

Gardner, E., & Gray, D. J. (1953). Prenatal development of the human shoulder and acromioclavicular joints. *American Journal of Anatomy*, 92(2), 219-276.

Gray, D. J., Gardner, E., & O'Rahilly, R. (1957). The prenatal development of the skeleton and joints of the human hand. *American Journal of Anatomy*, 101(2), 169-223.

Gray, J. P., & Wolfe, L. D. (1980). Height and sexual dimorphism of stature among human societies. *American Journal of Physical Anthropology*, 53(3), 441-456.

Hagen, W. (1900). *Die Bildung des Knorpelskelets beim menschlichen Embryo*.

Haile-Selassie, Y., Suwa, G., & White, T. D. (2004). Late Miocene teeth from Middle Awash, Ethiopia, and early hominid dental evolution. *Science*, 303(5663), 1503-1505.

Haines, R. W. (1947). The development of joints. *Journal of anatomy*, 81(Pt 1), 33.

Hall, R. L. (1978). Sexual dimorphism for size in seven nineteenth century northwest coast populations. *Human Biology*, 159-171. Hanihara, K. (1959). Sex Diagnosis of Japanese Skulls and Scapulae by. *Journal of the Anthropological Society of Nippon*, 67(4), 191-197.

Halonen, L. (1929). Röntgenologisch-anatomische Untersuchungen fiber die Entwicklung der Knochen der freien Extremitäten beim Menschen. I. Die Extremitätenknochen der Fetch. *Acta Soc. Med. Fennic." Duodecim*, 11, 1-151.

Hartwig-Scherer, S. (1993). Body weight prediction in early fossil hominids: Towards a taxon-“independent” approach. *American Journal of Physical Anthropology*, 92(1), 17-36.

Hesser, C. A. R. L. (1926). Beitrag zur kenntnis der gelenkentwicklung beim menschen. *Morphol Jahrb*, 55, 489-567.

Hultkrantz, J. V. (1897). *Das Ellenbogengelenk und seine Mechanik: eine anatomische Studie*. Fischer.

İşcan, M. Y., Loth, S. R., King, C. A., Shihai, D., & Yoshino, M. (1998). Sexual dimorphism in the humerus: a comparative analysis of Chinese, Japanese and Thais. *Forensic Science International*, 98(1), 17-29.

Iscan, M. Y., & Steyn, M. (2013). *The human skeleton in forensic medicine*. Charles C Thomas Publisher.

Jungers, W. L. (1978). On canine reduction in early hominids. *Current Anthropology*, 19(1), 155-156.

Knese, K. H. (1957). Die diaphysäre chondrale Osteogenese bis zur Geburt. *Zeitschrift für Zellforschung und Mikroskopische Anatomie*, 47(1), 80-113.

Kenyhercz, M. K. (2012, January). Sex estimation using pubic bone morphology in a modern South African sample: a test of the Klales et al. Method. In *Proceedings of the 81st Meeting of the American Association for Physical Anthropology* (pp. 179-80).

Kimmerle, E.H., Ross, A., Slice, D., (2008). Sexual dimorphism in America: geometric morphometric analysis of the craniofacial region. *Journal of Forensic Sciences* 53 (1), 54e57

Kimura, K. (1982). Sex differences of the hip bone among several populations. *Okajimas folia anatomica Japonica*, 58(4-6), 265-275.

Klales, A. R., Ousley, S. D., & Vollner, J. M. (2012). A revised method of sexing the human innominate using Phenice's nonmetric traits and statistical methods. *American journal of physical anthropology*, 149(1), 104-114.

Konigsberg, L.W., Hens, S.M., 1998. Use of ordinal categorical variables in skeletal assessment of sex from the cranium. *Am. J. Phys. Anthropol.* 107 (1), 97–112.

Kranioti, E. F., & Michalodimitrakis, M. (2009). Sexual Dimorphism of the Humerus in Contemporary Cretans—A Population-Specific Study and a Review of the Literature. *Journal of forensic sciences*, 54(5), 996-1000.

Kranioti, E. F., Bastir, M., Sánchez-Meseguer, A., & Rosas, A. (2009). A geometric-morphometric study of the Cretan humerus for sex identification. *Forensic science international*, 189(1), 111-e1.

Lu, P. W., Cowell, C. T., LLOYD-Jones, S. A., Briody, J. N., & Howman-Giles, R. O. B. E. R. T. (1996). Volumetric bone mineral density in normal subjects, aged 5-27 years. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 81(4), 1586-1590.

Malina, R. M. (1996). Regional body composition: age, sex, and ethnic variation. *Human body composition. Champaign, IL: Human Kinetics*, 217.

Maynard, L. M., Guo, S. S., Chumlea, W. C., Roche, A. F., Wisemandle, W. A., Zeller, C. M.,... & Siervogel, R. M. (1998). Total-body and regional bone mineral content and areal bone mineral density in children aged 8-18 y: the Fels Longitudinal Study. *The American journal of clinical nutrition*, 68(5), 1111-1117.

McHenry, H. M. (1991). Sexual dimorphism in *Australopithecus afarensis*. *Journal of Human Evolution*, 20(1), 21-32.

Moss, M. L., Noback, C. R., & Robertson, G. G. (1955). Critical developmental horizons in human fetal long bones. Correlated quantitative and histological criteria. *American Journal of Anatomy*, 97(1), 155-175.

Monsalve, Timisay (2009). La desaparición Forzada. Expresión fenomenológica de una política de Estado. En: *Periódico Alma Mater*, Universidad de Antioquia ISSN: 1523-1526. Editorial Universidad de Antioquia v.N/A fasc.N/A p.N/A. Medellín.

Moore, M. K., DiGangi, E. A., Ruíz, F. P. N., Davila, O. J. H., & Medina, C. S. (2016). Metric sex estimation from the postcranial skeleton for the Colombian population. *Forensic science international*, 262, 286-e1.

Novotný, V. (1982). Revision of sex diagnosis in some fossil hominids according to the pelvis. In *2nd Anthropological Congress of Alex Hrdlička-Universitas Carolina Pragensis*.

Phenice, T. W. (1969). A newly developed visual method of sexing the os pubis. *American Journal of Physical Anthropology*, 30(2), 297-301.

Plavcan, J. M., & van Schaik, C. P. (1992). Intrasexual competition and canine dimorphism in anthropoid primates. *American Journal of Physical Anthropology*, 87(4), 461-477.

Plavcan, J. M., & Van Schaik, C. P. (1997). Intrasexual competition and body weight dimorphism in anthropoid primates. *American Journal of Physical Anthropology*, 103(1), 37-68.

Plavcan, J. M., & Van Schaik, C. P. (1997). Interpreting hominid behavior on the basis of sexual dimorphism. *Journal of Human Evolution*, 32(4), 345-374.

Plavcan, J. M. (2001). Sexual dimorphism in primate evolution. *American Journal of Physical Anthropology*, 116(S33), 25-53.

Plavcan, J. M. (2002). Taxonomic variation in the patterns of craniofacial dimorphism in primates. *Journal of Human Evolution*, 42(5), 579-608.

Plavcan, J. M., Lockwood, C. A., Kimbel, W. H., Lague, M. R., & Harmon, E. H. (2005). Sexual dimorphism in *Australopithecus afarensis* revisited: How strong is the case for a human-like pattern of dimorphism?. *Journal of Human Evolution*, 48(3), 313-320.

Plavcan, J. M. (2012). Sexual size dimorphism, canine dimorphism, and male-male competition in primates. *Human Nature*, 23(1), 45-67.

- Pickford, M. (1986). *Cainozoic paleontological sites of Western Kenya*. F. Pfeil.
- Pilbeam, D. R., & Simons, E. L. (1965). Some problems of hominid classification. *American Scientist*, 53(2), 237-259.
- Reddy, Y., Jeevamani, S. G., & Ingole, I. V. (2014). A study on sexual dimorphism of the humerus in Tamilnadu region. *International Journal of Medical Research & Health Sciences*, 3(1), 43-46.
- Reno, P. L., Meindl, R. S., McCollum, M. A., & Lovejoy, C. O. (2003). Sexual dimorphism in *Australopithecus afarensis* was similar to that of modern humans. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100(16), 9404-9409.
- Reno, P. L., McCollum, M. A., Meindl, R. S., & Lovejoy, C. O. (2010). An enlarged postcranial sample confirms *Australopithecus afarensis* dimorphism was similar to modern humans. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 365(1556), 3355-3363.
- Reyher, H. (1874). Studien über die Entwicklung der Extremitäten. *Sitzungsberichte der Wiener Akademie Bd. LXX*, 3.
- Rice, W. R. (1984). Sex chromosomes and the evolution of sexual dimorphism. *Evolution*, 735-742.
- Richmond, B. G., & Jungers, W. L. (1995). Size variation and sexual dimorphism in *Australopithecus afarensis* and living hominoids. *Journal of Human Evolution*, 29(3), 229-245.
- Riggs, B. L., Khosla, S., & Melton III, L. J. (2002). Sex steroids and the construction and conservation of the adult skeleton. *Endocrine reviews*, 23(3), 279-302.
- Rogers, T.L., 2005. Determining the sex of human remains through cranial morphology. *J. Forensic Sci.* 50 (3), 493–500.

- Ruff, C. B., & Jones, H. H. (1981). Bilateral asymmetry in cortical bone of the humerus and tibia—sex and age factors. *Human Biology*, 69-86.
- Seeman, E. (2001). Sexual dimorphism in skeletal size, density, and strength. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 86(10), 4576-4584.
- Scheuer, L., & Black, S. (2004). *The juvenile skeleton*. Academic Press.
- Schulin, C. (1879). *Ueber die Entwicklung und weitere Ausbildung der Gelenke des menschlichen Körpers*.
- Schoenau, E., Neu, C. M., Rauch, F., & Manz, F. (2001). The development of bone strength at the proximal radius during childhood and adolescence. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 86(2), 613-618.
- Schulter-Ellis, F. P., Schmidt, D. J., Hayek, L. A., & Craig, J. (1983). Determination of sex with a discriminant analysis of new pelvic bone measurements: Part I. *Journal of Forensic Science*, 28(1), 169-180.
- Schwartz, G. T., Reid, D. J., & Dean, C. (2001). Developmental aspects of sexual dimorphism in hominoid canines. *International Journal of Primatology*, 22(5), 837-860.
- Simons, E. L., & Pilbeam, D. R. (1972). Hominoid paleoprimateology. *The functional and evolutionary biology of primates*, 36-62.
- Simons, E. L., Seiffert, E. R., Ryan, T. M., & Attia, Y. (2007). A remarkable female cranium of the early Oligocene anthropoid *Aegyptopithecus zeuxis* (Catarrhini, Propliopithecidae). *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(21), 8731-8736.
- Soni, G., Dhall, U., & Chhabra, S. (2013). Determination of sex from humerus: discriminant analysis. *Australian Journal of Forensic Sciences*, 45(2), 147-152.

Spradley, M. K., & Jantz, R. L. (2011). Sex estimation in forensic anthropology: skull versus postcranial elements. *Journal of Forensic Sciences*, 56(2), 289-296.

Spradley, M. K., Anderson, B. E., & Tise, M. L. (2015). Postcranial sex estimation criteria for Mexican Hispanics. *Journal of forensic sciences*, 60(s1).

Steyn, M., & İşcan, M. Y. (1999). Osteometric variation in the humerus: sexual dimorphism in South Africans. *Forensic science international*, 106(2), 77-85.

Stini, W. A. (1975). *Ecology and human adaptation* (No. 575.8 STI).

Stini, W. A. (1969). Nutritional stress and growth: sex difference in adaptive response. *American journal of physical anthropology*, 31(3), 417-426.

Stini, W. A. (1982). Sexual dimorphism and nutrient reserves. *Sexual Dimorphism in Homo sapiens*. New York: Praeger, 391-419.

Streeter, G. L. (1949). Developmental horizons in human embryos; a review of the histogenesis of cartilage and bone. *Contributions to embryology*, 33(213-221), 149.

Szalay, F. S. (1975). Phylogeny of primate higher taxa. In *Phylogeny of the Primates* (pp. 91-125). Springer US.

Torrado-Fonseca, M. y Berlanga-Silvente, V. (2013). Análisis Discriminante mediante SPSS. [En línea] REIRE, Revista d'Innovació i Recerca en Educació , 6 (2), 150-166. Accesible en: <http://www.ub.edu/ice/reire.htm>

Trinkaus, E. (1980). Sexual differences in Neanderthal limb bones. *Journal of Human Evolution*, 9(5), 377-397.

Trinkaus, E. (2007). European early modern humans and the fate of the Neandertals. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(18), 7367-7372.

Vance, V. L., Steyn, M., & L'Abbé, E. N. (2011). Nonmetric sex determination from the distal and posterior humerus in black and white South Africans. *Journal of forensic sciences*, 56(3), 710-714.

Vollner, J. M., Klales, A. R., & Ousley, S. D. (2009). Sexing of the human innominate using non-metric traits and statistical analysis. *Am J Phys Anthropol*, 138(S48), 263-264.

Walrath, D. E., & Glantz, M. M. (1996). Sexual dimorphism in the pelvic midplane and its relationship to Neandertal reproductive patterns. *American journal of physical anthropology*, 100(1), 89-100.

White, M. E. (1994). *After the greening: the browning of Australia* (p. 288). Kenhurst, New South Wales, Australia: Kangaroo Press.

White, T. D., Black, M. T., & Folkens, P. A. (2011). *Human osteology*. Academic press.

Wolanski, N., & Kasprzak, E. (1976). Stature as a measure of effects of environmental change. *Current Anthropology*, 17(3), 548-552.

Wolpoff, M. H., Aguirre, E., Becker, M. J., Hajn, V., Kennedy, K. A., Murad, T. A.,... & Trinkaus, E. (1976). Some Aspects of the Evolution of Early Hominid Sexual Dimorphism [and Comments and Reply]. *Current Anthropology*, 579-606.

Wood, B. A. (1976). The nature and basis of sexual dimorphism in the primate skeleton. *Journal of Zoology*, 180(1), 15-34.

Zihlman, A. L. (1978). Women in evolution, part II: Subsistence and social organization among early hominids. *Signs*, 4(1), 4-20.

Zihlman, A. L. (1982). *The human evolution coloring book*. HarperResource.

<https://rni.unidadvictimas.gov.co/RUV> Recuperado en junio del 2016

<http://www.fiscalia.gov.co/colombia/la-entidad/equipo-de-trabajo/director-nacional-especializado-de-justicia-transicional/> Recuperado en junio del 2016

## ANEXOS

**Tabla 18.** Ficha para el registro de los datos

<b>Base de datos: Modelo multivariante para la estimación de sexo en húmero</b>				
<b>Fecha:</b> _____		<b>Código</b> _____		
<b>Responsable:</b> _____				
<b>La longitud máxima del húmero</b>	<b>Diámetro de la cabeza vertical del húmero</b>	<b>Amplitud del epicóndilo del húmero</b>	<b>Diámetro mínimo de la diáfisis del húmero</b>	<b>Diámetro máximo de la diáfisis del húmero</b>
<b>Observaciones:</b>				