



**Aplicación de métodos morfométricos en clavícula para estimación de sexo en una muestra poblacional de restos óseos procedentes de la ciudad de Medellín**

Anderson Carvajal Osorno

Trabajo de grado presentado para optar al título de Antropólogo

Asesora

Natalia Andrea Restrepo, Magíster (MSc) en Antropología

Universidad de Antioquia  
Facultad de Ciencias Sociales y Humanas  
Antropología  
Medellín, Antioquia, Colombia  
2023

---

Cita

(Carvajal Osorno, 2023)

---

**Referencia**

**Estilo APA 7 (2020)**

Carvajal Osorno, A. (2023). *Aplicación de métodos morfométricos en clavícula para estimación de sexo en una muestra poblacional de restos óseos procedentes de la ciudad de Medellín* [Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

---



CRAI María Teresa Uribe (Facultad de Ciencias Sociales y Humanas)

**Repositorio Institucional:** <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - [www.udea.edu.co](http://www.udea.edu.co)

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

### **Dedicatoria**

A todos aquellos que esperaron cuando yo no aguante, y creyeron cuando yo me rendí.

### **Agradecimientos**

A mi mama, por su amor incondicional, paciencia y sacrificio. Gracias por ser una madre entera.

A mi asesora Natalia, que siempre me extendió una mano amiga y solidaria. Gracias profe por enseñar con carisma, trabajar con respeto y no claudicar en las causas perdidas.

A la Universidad de Antioquia, la Facultad de Ciencias Sociales y Humanas, el Departamento de Antropología y todos sus profesores; que mantuvieron siempre sus puertas abiertas y me cultivaron como profesional y como persona.

**Contenido**

Resumen..... 9

Abstract..... 10

Introducción ..... 11

1 Planteamiento del problema ..... 12

    1.1 Antecedentes..... 13

2 Justificación..... 14

3 Objetivos ..... 15

    3.1 Objetivo general ..... 15

    3.2 Objetivos específicos ..... 15

4 Pregunta de investigación. .... 16

5 Marco teórico ..... 17

    5.1 La Antropología física y las ciencias forenses ..... 17

    5.2 Variación biológica..... 18

    5.3 Identificación humana..... 19

    5.4 Determinación del sexo: morfometría y confiabilidad. .... 21

    5.5 Funciones discriminantes..... 25

    5.6 Colombia y la variabilidad humana. .... 27

    5.7 Colecciones de referencia, aplicabilidad y precisión..... 29

    5.8 Dimorfismo sexual..... 31

    5.9 Clavícula..... 32

    5.10 Lateralidad..... 33

    5.11 Crecimiento y desarrollo de la clavícula..... 34

6 Metodología ..... 36

    6.1 Análisis de Función Discriminante Univariada en la clavícula por Moore et al. (2016)..... 36

---

6.2 Análisis de Función Discriminante Multivariada en la clavícula por Moore et al. (2016)..	37
6.3 Variables.....	38
6.3.1 Puntos anatómicos de la clavícula. ....	38
6.3.2 Medidas de la clavícula. ....	40
6.3.3 Muestra.....	41
6.4 Método. ....	41
6.5 Materiales. ....	42
6.5.1 Cinta Antropométrica o Flexómetro. ....	42
6.5.2 Tabla osteométrica. ....	42
6.5.3 Pie de rey.....	42
7 Resultados .....	43
8 Discusión.....	50
9 Conclusiones .....	52
10 Recomendaciones .....	53
Referencias.....	54
Anexos .....	57

---

**Lista de tablas**

<b>Tabla 1</b> Periodos de desarrollo .....	34
<b>Tabla 2</b> Análisis de Función Discriminante Univariada.....	37
<b>Tabla 3</b> Análisis de Función Discriminante Multivariada .....	38
<b>Tabla 4</b> Función discriminante univariada de la Longitud Máxima de la clavícula .....	43
<b>Tabla 5</b> Función discriminante univariada del Diámetro Antero-Posterior de la clavícula.....	44
<b>Tabla 6</b> Tasas de clasificación univariada en mujeres.....	45
<b>Tabla 7</b> Tasas de clasificación univariada en hombres.....	46
<b>Tabla 8</b> Análisis función discriminante multivariada.....	47
<b>Tabla 9</b> Tasas de clasificación multivariada .....	48
<b>Tabla 10</b> Comparación de tasas de clasificación.....	49

---

**Lista de figuras**

<b>Figura 1</b> Crecimiento y desarrollo de la clavícula .....	35
<b>Figura 2</b> Puntos anatómicos clavícula A .....	39
<b>Figura 3</b> Puntos anatómicos clavícula B.....	39
<b>Figura 4</b> Medidas clavícula.....	40

---

### Siglas, acrónimos y abreviaturas

<b>LMC</b>	Longitud Máxima de la Clavícula
<b>Mms.</b>	Milímetros
<b>DAPD</b>	Diámetro Antero-Posterior de la Diáfisis
<b>DSID</b>	Diámetro Supero-Inferior de la Diáfisis
<b>CDC</b>	Circunferencia Diáfisis de la Clavícula
<b>MSc</b>	Magister Scientiae
<b>FDU</b>	Función Discriminante Univariada
<b>FDM</b>	Función Discriminante Multivariada
<b>IDS</b>	Índice de Dimorfismo Sexual
<b>UdeA</b>	Universidad de Antioquia



## Resumen

La identificación humana es parte fundamental en las ciencias forenses y en la antropología física, por lo que continuamente se están desarrollando nuevos métodos que permitan cerrar la brecha que hay entre la variabilidad biológica y la confiabilidad de la clasificación osteológica. La estimación del sexo es el primer paso en la construcción del perfil biológico de individuos esqueletizados no identificados. Para estudiar el dimorfismo sexual, se suele optar en primera instancia por el cráneo o la cintura pélvica, pues son los huesos con mayores rasgos físicos diferenciales entre hombres y mujeres. No obstante, dado el contexto social, cultural y político de un país como Colombia, no siempre se encuentran dichas piezas óseas; por lo que recurrir a nuevos elementos poscraneales, como la clavícula se convierte en una alternativa.

El presente estudio evalúa el grado de confiabilidad que tienen las funciones discriminantes en la clavícula para la estimación del sexo en una muestra poblacional conformada por 19 individuos de la ciudad de Medellín, procedentes de la colección osteología de la Universidad de Antioquia. Dicho análisis develó que los métodos desarrollados por otros autores en poblaciones diferentes pueden ser aplicados en aquellas poblaciones que carecen de los estándares para la identificación de restos óseos. De igual manera, demostró que las funciones discriminantes multivariadas poseen un alto porcentaje de efectividad en la clasificación del sexo a partir de la clavícula.

*Palabras clave:* clavícula, estimación del sexo, métodos morfométricos, funciones discriminantes, confiabilidad

### **Abstract**

Human identification is a fundamental part of forensic sciences and physical anthropology, for this reason, new methods are continually being developed to close the gap between biological variability and the reliability of osteological classification. Sex estimation is the first step in the construction of the biological profile of unidentified skeletal remains. To study sexual dimorphism, the skull or the pelvic girdle is usually chosen in the first instance, since they are the bones with the greatest differential physical features between men and women. However, given the social, cultural and political context of a country like Colombia, these bone pieces are not always found; so, resorting to new postcranial elements such as the clavicle thus becomes a great option.

The present study evaluates the degree of reliability of the discriminant functions in the clavicle for the estimation of sex in a population sample made up of 19 individuals from the city of Medellin from the osteology collection of the University of Antioquia. This analysis revealed that the methods developed by other authors in different populations can be applied in those populations that lack the standards for the identification of skeletal remains. In the same way, it demonstrated that the multivariate discriminant functions have a high percentage of effectiveness in the classification of sex from the clavicle.

*Keywords:* clavicle, sex estimation, morphometric methods, discriminant functions, reliability

## Introducción

La estimación del sexo en individuos esqueléticos se ha centrado generalmente en el cráneo y la cintura pélvica ya que son los huesos que, visualmente más destacan el dimorfismo sexual en los seres humanos. Sin embargo, con el surgimiento cada vez más prominente de nuevos métodos en el campo de la morfometría y la estadística, nuevos elementos poscraneales como la clavícula han sido foco de investigaciones que reflejan una alta confiabilidad en sus resultados.

El uso de métodos morfométricos respaldados por análisis estadísticos allana el camino hacia la estandarización de los datos en las ciencias forenses (Krogman & Iscan, 1986), ya que ayudan a mejorar el error inter e intra observador en la toma de medidas.

El presente trabajo aboga por el uso de dichos métodos y el alcance de las funciones discriminantes de carácter univariado y multivariado que puedan arrojar un alto índice de clasificación para la estimación del sexo con la clavícula. Tomando como principal referencia el estudio realizado por Moore et al. (2016) en la ciudad de Bogotá. Así como el estudio de Spradley & Jantz (2011) con una muestra americana y también el estudio de Spradley et al. (2015) con una muestra mexicana.

El propósito principal de esta investigación fue el de evaluar el grado de aplicabilidad y confiabilidad que poseen los métodos morfométricos y las funciones discriminantes en una muestra poblacional de Medellín. Adoptando los criterios y ecuaciones arrojados por Moore et al. (2016) en su investigación.

La ausencia de estándares básicos para la identificación en muchas de las regiones de Colombia, sumado a la alta tasa de mestizaje y variabilidad biológica que encontramos inter e intra poblacional, conlleva a contemplar nuevas perspectivas que permitan desarrollar enfoques más prácticos e incluyentes.

## 1 Planteamiento del problema

En la antropología física, el análisis de la biología ósea de un individuo o de un grupo de individuos, permite conocer múltiples características de orden biológico, social y cultural, ya sea material óseo antiguo en contextos arqueológicos, o restos de un plano más reciente y contemporáneo, como sucede en la antropología forense. El sexo, la edad, la ascendencia, la estatura, son algunas de las características de tipo biológico que debemos conocer en cualquier estudio que contemple individuos esqueletizados, ya que estas nos dan un primer enfoque del perfil biológico del individuo; sin embargo, existen otras características que dejan su marca y se expresan en el hueso, tales como, el estrés biomecánico, accidentes y patologías que son factores individualizantes y se manifiestan de forma distinta en el organismo.

Uno de los componentes básicos en el estudio de restos óseos es la estimación del sexo o la diferenciación del dimorfismo sexual. Este elemento de análisis puede representar -en algunos casos específicos- una problemática, puesto que las piezas óseas no siempre se encuentran en un buen estado, de hecho, es frecuente encontrarlas fragmentadas, incompletas y en condiciones deterioradas tanto en el contexto forense como en el arqueológico. Es por esto que el desarrollo y la ampliación de criterios para la identificación de aspectos como el sexo en restos óseos, se ha convertido en una de las prioridades de la investigación antropológica en la actualidad, en especial en contextos como el colombiano, que ha sido devorado y diezmado por el flagelo de la guerra y la violencia por muchos años.

Cuando se presenta una situación donde hay ausencia de piezas óseas en un contexto de violencia, generalmente, las piezas faltantes son aquellas que tienen mayor valor para los investigadores en el campo de la identificación, como lo son, por ejemplo: el cráneo, los fémures, los coxales, y demás huesos que -por su historial académico- son la primera opción de los antropólogos a la hora de realizar un estudio forense. La clavícula a pesar de ser considerada como un hueso largo, su estudio en esta área, no ha sido tan exhaustivo y referente como el de otros huesos largos, el cráneo y la cintura pélvica, entre otros, por lo que se convierte en un elemento con un rango potencial de probabilidades a la hora de su uso en la investigación antropológica para contexto forense o arqueológico.

Algunos de los estudios más importantes en el área de la cintura escapular, precisamente, en la clavícula -cuyo objetivo ha sido la estimación del sexo- han recurrido, en la mayoría de los

casos, a métodos morfométricos que, sumados a ecuaciones, regresiones y estudios estadísticos, obtienen puntos de corte para ambos sexos en una muestra en particular. A pesar de esto, no existe un método que pueda ser utilizado con una confiabilidad del 100% en ninguna parte del mundo, especialmente en Colombia, que es un país con una alta tasa de mestizaje y variabilidad inter e intra poblacional.

### **1.1 Antecedentes**

Kralik et al. (2013) señalaron que la exactitud de la estimación del sexo sobre una base de análisis discriminante, que utiliza los valores de las medidas en la clavícula, es óptima en una población específica y utilizan como referencia las ecuaciones de Frutos (2002) que alcanzaron una precisión entre 85.6% y 94.8%; y Murphy (1994) que expuso las mejores veinte ecuaciones publicadas hasta ese momento, con precisiones que oscilaban entre 63.3% y 100%. Es aceptable entonces que la exactitud de los métodos elaborados a partir de mediciones en la clavícula sean comparables y competentes con los métodos desarrollados en otros huesos largos (fémur, tibia, húmero, entre otros). Se asume de igual manera que no existe un método morfométrico universal que brinde un grado adecuado de exactitud y precisión en la clavícula, ya que cada norma de estimación es propia y única de cada población.

A pesar de lo considerado anteriormente con respecto a la importancia de la clavícula en el diagnóstico sexual, no existen muchos trabajos que publiquen un método o herramientas fiables y de alta aplicabilidad en este tema. Algunos de los trabajos de los que se tiene registro, además de los consultados son: Terry (1932); Thieme & Schull (1957); Ray (1959); Iordanidis (1961); Jit & Singh (1966); Steel (1966); Singh & Gangrade (1968); Jit & Kaur (1986); Murphy (2002); Frutos (2002); Shirley (2009); Spradley & Jantz (2011); Papaioannou et al. (2012); Akhlaghi et al. (2012); Alcina et al. (2012); Kralik et al. (2013); Tise et al. (2013); Garrido-Vargas et al. (2014); y Moore et al. (2016).

## 2 Justificación

El desarrollo de este trabajo, así como el estudio en función de nuevos criterios y métodos para la estimación e identificación de caracteres biológicos en restos esqueléticos, es fundamental en la ciencia antropológica, tanto en el contexto forense, como en la antropología osteológica y la arqueología, en su búsqueda de estandarización conceptual, metódica y difusión del conocimiento científico.

La determinación del sexo a partir de la clavícula, en el margen de los métodos morfométricos, hace parte de los esfuerzos por develar nuevas posibilidades y alcances en la identificación de cuerpos esqueléticos, que presenten condiciones especialmente complejas, como la ausencia de los huesos más usados e importantes en la caracterización de un individuo tales como el cráneo, la cintura pélvica, el fémur, el húmero y demás huesos largos. También, condiciones de alto deterioro o de daños postmortem, que dificultan la tarea del antropólogo en su análisis de restos óseos.

Este escrito pretende, a partir de la revisión de métodos morfométricos ya establecidos en la determinación del sexo mediante el uso de la clavícula, revisar y certificar la confiabilidad y aplicabilidad que dichos métodos tienen cuando se desarrollan y emplean en un contexto como el colombiano, el cual, cumple con dos características particulares que le brindan al desarrollo de este trabajo un alto grado de pertinencia y viabilidad en el ámbito investigativo. La primera de ellas obedece al marco conflictivo y de violencia que atraviesa al país y que afecta directamente el crecimiento y la actividad de disciplinas como la antropología, en su tarea y especialidad, representada en el trabajo con material óseo en función de la teorización y de la investigación forense; y la segunda característica, está reflejada en la predominancia del mestizaje y la variabilidad intra e inter poblacional que pone en duda y le quita confiabilidad a la aplicación de estándares y métodos extranjeros que no tienen en cuenta dicha característica en sus marcos conceptuales, teóricos y prácticos. Es por esto que se hace necesaria la creación de estándares propios que se acerquen de manera fiel a la realidad del país, de igual manera, es primordial que se financien y se apoyen proyectos en este campo del conocimiento para así fomentar los trabajos y las investigaciones que orienten el desarrollo científico a nivel local

### **3 Objetivos**

#### **3.1 Objetivo general**

Evaluar la confiabilidad del método morfométrico de Moore et al. (2016) para estimación del sexo en clavícula, usando una muestra de la colección de referencia osteológica de la Universidad de Antioquia en Medellín, Colombia.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- Implementar funciones discriminantes univariadas y multivariadas de los métodos morfométricos para la estimación del sexo a partir de la clavícula izquierda.
- Establecer las funciones discriminantes aplicadas a la muestra poblacional de Medellín que presentan el mayor porcentaje de confiabilidad.
- Clasificar los resultados obtenidos de la muestra local, con los arrojados por Moore et al., (2016) en la muestra de Bogotá.

#### **4 Pregunta de investigación.**

¿Cuál es el grado de confiabilidad de los métodos morfométricos para la estimación del sexo a partir de la clavícula izquierda en una muestra con individuos pertenecientes a una muestra poblacional de la ciudad de Medellín?



## 5 Marco teórico

### 5.1 La Antropología física y las ciencias forenses

La antropología física es la vertiente de la antropología donde se investiga la variabilidad biológica -tanto a nivel individual como a nivel de poblaciones humanas- por medio de sus restos óseos, restos dentales e incluso restos momificados, desde los primeros homínidos hasta contextos actuales, ya sea en el orden de la antropología forense en los casos de desaparecidos o en el marco de proyectos arqueológicos (Rodríguez, 2004). El proceso que sigue, en el caso de la antropología forense, abarca desde el estudio y trabajo en campo hasta el análisis y práctica en el laboratorio, comenzando por la recuperación, seguido de la descripción y posterior identificación del material esquelizado.

Burns (2008) revela que los casos más típicos con los que se enfrenta el antropólogo forense pueden ir desde homicidios recientes, hasta la destrucción ilegal de enterramientos de poblaciones antiguas, sumado al hecho de que el estado de los elementos recuperados o recibidos varía según el grado de descomposición, cremación, fragmentación o desarticulación. La antropología forense es muestra de la movilidad y competencia que posee la antropología física en distintas plataformas, tales como aquellas que ubican individuos, las representaciones colectivas, los casos históricos y las estancias de violación internacional a los derechos humanos.

El estudio del esqueleto humano puede develar una gran cantidad de información que no solamente ayuda a identificar y conocer al individuo, sino que también puede ser usada en la reconstrucción biológica de la población a la que el individuo perteneció. Este estudio –que ayuda a elucidar aspectos como las características biológicas individuales y de los grupos humanos- se basa en la identificación de las piezas óseas que constituyen cada cuerpo humano (White et al., 2012). La forma, tamaño, textura, color y defectos de los huesos y dientes traen a la luz toda aquella información que nos permite ubicar unos restos aleatorios y desconocidos, en un cuadro de referencia o una expresión metódica. Comprender y observar cada uno de los aspectos mencionados en la anatomía ósea y dental, es crítico para realizar cualquier trabajo con un cuerpo esquelizado.

## 5.2 Variación biológica.

Uno de los conceptos clave en el proceder antropológico -independientemente de si es en el campo de la osteología y la antropología física o en el área de los estudios culturales y la arqueología- es el de variación, el cual está presente en diversas formas y expresiones en el sistema óseo de los seres humanos. La variación biológica consiste en aquellos cambios morfológicos que sufre el cuerpo a lo largo de su ciclo vital y reproductivo, es decir, las diferentes expresiones (en forma, tamaño, textura, etc.) de un mismo carácter biológico en un ser humano. Para White et al. (2012) entender y apreciar la variación en el esqueleto es de gran importancia para toda investigación que concierna o tenga como centro la evolución, la osteología, la biología y la historia humana.

White et al. (2012) argumentan que hay cuatro factores primordiales que causan la variación en la anatomía del esqueleto humano, la primera de ellas es la ontogenia o crecimiento, la cual se ve reflejada en cambios de tamaño y forma a lo largo del ciclo vital de una persona. Este tipo de variación puede ayudar al osteólogo a determinar la edad de muerte de un individuo; la segunda fuente de variación esquelética en los humanos es el sexo de una persona, ya que la especie humana es moderadamente dimorfa, sexualmente hablando, en el tamaño del cuerpo, y dado esto, el tamaño de las mujeres en cualquier grupo humano es relativamente menor en comparación al cuerpo de los hombres en esa misma población.

Esta variación en tamaño es, usualmente, acompañada de una variación en la forma, lo cual permite utilizar ciertos criterios morfológicos y morfométricos para determinar la identidad sexual de un individuo contemporáneo o de restos prehistóricos. También se presenta un tercer tipo de variación que obedece al factor geográfico o poblacional. Se puede evidenciar que muchos grupos humanos varían en sus características óseas y dentales. Dicha variación geográfica puede emplearse en la asociación de un determinado conjunto de piezas óseas a una filiación o ascendencia en particular; por último, White considera en su trabajo que la diferenciación en la anatomía de individuos que poseen la misma edad, sexo y ascendencia, es parte de una variación individual o idiosincrásica (White et al., 2012).

En este mismo ámbito, un autor como Rodríguez (2004), expone el concepto de variación argumentando que las poblaciones varían según sus orígenes filogenéticos, evolutivos, raciales,

sexuales, ontogénicos, sumados a la variación de cada individuo a través de su vida frente a los demás. Continúa Rodríguez (2004):

El estudio de la variación presenta diferentes niveles de análisis, que van de lo particular a lo general, de lo individual a lo colectivo y, desde lo intra-grupal hasta lo inter-grupal. En el ámbito individual se establece la cuarteta básica (sexo, edad, estatura y ascendencia), junto a otros rasgos individualizantes como traumas, lateralidad y robustez. (Rodríguez, 2004, p. 87)

En un nivel intra-grupal, por ejemplo, se puede empezar con la distinción de ambos sexos, que de acuerdo a lo referido anteriormente por White et al. (2012) el dimorfismo sexual separa - morfológicamente hablando- a hombres de mujeres y es una condición que ha venido modificándose con el tiempo, pues los primeros homínidos alcanzaban un Índice de Dimorfismo Sexual (IDS) del 66% -dato que está cerca al índice en gorilas- asumiendo así que carecían de adolescencia y por consiguiente su ritmo de crecimiento difiere del nuestro actualmente, finaliza Rodríguez (2004).

### **5.3 Identificación humana.**

La antropología forense, policial o criminal ha tenido como objetivo la identificación de personas, ya sea usando sus rasgos somáticos o corporales en vivos, o utilizando restos óseos en fallecidos. No obstante, la antropología puede afrontar el tema de la identificación humana de forma más holística, pues considera al ser dentro de un entorno social, biológico y cultural en el tiempo. Rodríguez (2004), sostiene que la identificación es un proceso comparativo y reconstructivo que tiende a ubicar a una persona desconocida dentro de un universo biosocial conocido. Y que dicho universo es un conjunto integrado por la suma de características tales como el origen o ascendencia, la morfometría y la genética.

La importancia de la identificación humana radica en el servicio humanitario que aporta la antropología forense desde su quehacer. Pues en un mundo sacudido por la violencia y los problemas de orden social y político, las muertes clandestinas, las desapariciones forzadas y el exterminio sistemático de minorías (religiosas, culturales, étnicas, etc.) se encuentran presentes a

---

diario en nuestras realidades (Burns, 2008). Los muertos sin identificar son a menudo fruto de un comportamiento criminal sistemático y con objetivos claros de romper los tejidos sociales y culturales dentro de una población determinada. Algunos de los individuos no identificados pueden pertenecer a indigentes o suicidas; pero en su gran mayoría, proceden de homicidios no aclarados, ensombrecidos con el fin de asegurar la impunidad de quienes los perpetran. La identificación de estas personas desconocidas y su destino final van de la mano de la humanidad y el fortalecimiento de la paz (Burns, 2008).

La cuarteta básica constituye el primer paso para conocer la identidad de un cuerpo esqueletizado que ha sido recuperado y posteriormente trasladado al laboratorio para su análisis. La cuarteta está integrada por cuatro aspectos de naturaleza biológica que son inherentes a la especie humana: el sexo, la edad, la estatura y la filiación poblacional o ascendencia. Estos permiten, ubicar al individuo en subconjuntos clasificatorios y de ordenamiento que van decantando las distintas posibilidades que se presenten en torno a cada caso. Sin embargo, la cuarteta básica no resulta suficiente a la hora de establecer una posible identidad de un esqueleto, ya que las características que integran la cuarteta forman conjuntos donde pueden entrar múltiples casos de individuos asiduos de identificación y que posean una similitud en los cuatro caracteres, siendo necesario implementar o reconstruir el perfil biológico de dicho sujeto (Rodríguez, 2004).

El perfil biológico combina la asociación de otras características que pueden presentar los restos óseos y que son únicas de dicho sujeto, por ejemplo, los traumas o patologías que pudo sufrir en vida o al momento de su muerte, las condiciones socioculturales bajo las que vivía, así como los marcadores de estrés particulares relacionados con un estilo de vida o la práctica de una actividad que pudo dejar su huella en el hueso. El perfil biológico es la herramienta que se utiliza para individualizar y separar de aquellos conjuntos ordenados por la cuarteta básica las particularidades que son únicas de cada ser humano y que adquiere según su historia de vida (Rodríguez, 2004).

#### **5.4 Determinación del sexo: morfometría y confiabilidad.**

Cuando se enfoca un tema como el dimorfismo sexual o la determinación del sexo, se debe hacer un alto para referirse a las bases conceptuales del término “sexo”. Según White et al. (2012) los términos “sexo” y “género” no aluden a la misma cosa, no son sinónimos y no deben usarse de forma indiscriminada, pues ambos términos se han venido transformando y tomando gran alcance en la literatura antropológica y médica. El género es entonces “un aspecto de la identidad social de una persona”, mientras que el sexo hace referencia a “la identidad biológica de una persona” (White et al., 2012). Una vez hecha la anterior aclaración, se puede ir hacia lo que comprende el dimorfismo sexual, el cual es de carácter complejo y está mediado por dimensiones conductuales, fisiológicas y anatómicas. Aunque las diferencias anatómicas son - desde luego- más evidentes en los tejidos blandos, el tejido óseo también presenta distinciones de forma más limitada. Se puede apreciar que existe una distinción entre los esqueletos de hombres y de mujeres y dicho aspecto es relevante en la carrera de la osteología, la antropología y las ciencias médicas (White et al., 2012).

La determinación del sexo constituye uno de los pilares fundamentales en el estudio de restos óseos, tanto de colecciones antiguas, en las que existe la posibilidad de establecer las condiciones paleo-demográficas y paleopatológicas de las sociedades pasadas, como en la identificación personal en casos forenses, donde se estiman las diferencias sexuales con propósitos de identificación. La determinación del sexo también evoca una gran importancia para la antropología y todas sus ramas, como podemos ver en la mayoría de las investigaciones arqueológicas, donde se da una clasificación por sexo en el primer momento del análisis para llegar posteriormente a las conclusiones sobre la naturaleza de un grupo humano y su cultura, también atravesadas por las relaciones sexuales. En el campo de la evolución humana, las cuestiones más significativas de las relaciones y desarrollo de un individuo o población dependen de la precisión con la que se asigne el sexo (Thieme & Schull, 1957).

White et al. (2012) encontraron que generalmente en una población las piezas óseas de carácter pequeño y constitución más ligera pertenecen a las mujeres, y, por otro lado, los más grandes, robustos y de mayor rugosidad son equivalentes a hombres, que pueden llegar a ser hasta un 20% más grande en algunas regiones o partes del esqueleto. Sin embargo, no en todas las dimensiones del cuerpo hay dimorfismos y a esto se le suma que, debido a la variación,

pueden resultar huesos de hombres más pequeños y gráciles, así como huesos de mujeres más grandes y robustos, entrando así en un terreno de dificultad para la categorización del sexo en muestras dadas. Es gracias a esta superposición de los sexos en la distribución que los investigadores se han concentrado en estudiar los elementos más tradicionales del cuerpo (cráneo y pelvis) que presentan diferencias sexuales más marcadas que el resto del sistema poscraneal (White et al., 2012).

Krenzer (2006) recalcó que hace más de 200 años, los científicos han intentado determinar el sexo según la apariencia, forma y peso de los huesos humanos; pero que una estimación coherente y precisa del sexo, basado en restos esqueléticos, es factible cuando existe un conocimiento real y profundo sobre la arquitectura y tamaño de los huesos secos. En caso de que el esqueleto este completo, la determinación del parámetro sexual es más fiable, mientras que en los casos donde el esqueleto está incompleto, se considera que los resultados de la clasificación son los siguientes: Huesos largos < 80%, Cráneo 80-92%, Innominado 96%, Cráneo y pelvis 97% y ADN 99,9%.

Algunos autores como Aleman et al. (1997), Thieme & Schull (1957) y Rosique et al. (2004) señalaron varias de las dificultades y retos que enfrenta la determinación del sexo en las diferentes disciplinas que emplean esta metodología. Al realizar una inspección minuciosa de los huesos, se puede establecer el sexo con una fiabilidad cercana al 100% en caso de que se conserve el esqueleto completo; sin embargo, a partir de este punto los resultados son menos satisfactorios debido a que cuando se trabaja con restos aislados -aunque se ha estimado que se puede estimar el sexo correctamente el 98% de los casos si se tiene únicamente la pelvis, o el 92% atendiendo sólo a las características del cráneo- la tarea toma otras magnitudes, por ejemplo cuando se le añade a la fórmula material esquelético -ya sea procedente de excavaciones arqueológicas o restos aislados- que necesita de una identificación, y presenta condiciones de preservación deficientes o que por algún motivo no llegan al laboratorio las regiones anatómicas que proporcionan más información.

Es por todo lo anterior, que se han desarrollado técnicas alternativas que permiten estimar el sexo a través del análisis métrico de casi todos los huesos del esqueleto. Evaluando así una fiabilidad, que va desde el 80 al 98% en el esqueleto poscraneal, dependiendo del segmento corporal que se utilice. Como norma general, se considera que las dimensiones que ofrecen mayor información son las epífisis, ya que son zonas en las que se reflejan mayores diferencias

de tamaño. Es por esto que, desde entonces, los investigadores se han centrado en este tipo de estudios y en crear métodos especializados en piezas óseas de todo el esqueleto, dando lugar a fórmulas de discriminación que luego dan a conocer para su aplicación (Aleman et al., 1997).

Estas investigaciones, aluden White et al. (2012) han sido impulsadas por la necesidad de obtener información biológica básica sobre el material esquelético de contextos forenses y arqueológicos. En arqueología, los atributos biológicos individuales de un esqueleto se convierten en los componentes fundamentales del trabajo en la investigación de prácticas mortuorias, paleopatología y paleodemografía. En la osteología forense, estos atributos biológicos individuales, son importantes para reducir el campo de investigación a ciertos subconjuntos de personas y para individualizar los restos.

Thieme & Schulls (1957) ya habían considerado que mientras se hacían grandes esfuerzos por mejorar el grado de precisión de las clasificaciones en los métodos para determinar sexo, y mientras la literatura se llenaba cada vez mas de “signos” del sexo en el hueso, pocos investigadores se preocuparon por el grado real de eficacia y precisión que realmente alcanzaban y la población objetivo a la que iban dirigidos todos estos métodos.

White et al. (2012) En cambio, manifiestan que además de las complicaciones que surgen en la determinación del sexo por la ausencia de material, el método o la precisión; la variación intra e inter poblacional representa el mayor obstáculo del investigador a la hora de estimar el sexo una muestra y que en primera instancia se debe conocer el dimorfismo sexual dominante en cualquier población en la que trabaje. Los restos óseos también, suelen llegar sin documentación alguna al laboratorio, por lo que su sexo, edad, estatura y ascendencia le son desconocidos en primera instancia al antropólogo.

Otro de los ítems tenidos en cuenta por autores como White et al. (2012) y Krenzer (2006) es que, a diferencia del cráneo, los rasgos de diagnóstico sexual que se dan en el esqueleto poscranial son más complejos de analizar y clasificar antes de la pubertad. Concuerdan en que la determinación del sexo, contrario a como sucede con la estimación de la edad, es más segura y precisa en adultos que en subadultos y la diferenciación biomorfológica entre ambos sexos se manifiesta con mayor claridad en restos esqueléticos pertenecientes a adultos que completaron su fase de crecimiento y desarrollo. La pubertad marca entonces el comienzo de una intensa actividad hormonal (del estrógeno y la testosterona), que influyen los cambios morfológicos debido al control que ejercen en el crecimiento y el desarrollo de los huesos -que se dan a partir

de este momento del ciclo vital de los seres humanos-. Como es sabido, las mujeres maduran a una velocidad mayor que los hombres, y en la pubertad, los cambios en la morfología ósea se dan de manera drástica.

Se debe tener presente que aspectos como el ámbito socio-ecológico reflejado en la nutrición, la alimentación, el clima, las patologías, etc. son influencias sobre el desarrollo y la apariencia que marcan el hueso, ya que las condiciones de vida de diferentes poblaciones e incluso dentro de una misma población son muy variadas, encontrando de este modo, sectores con favorables condiciones de vida en la alimentación y otros con balances negativos de la ingesta de nutrientes, lo que determina un pobre desarrollo en el sistema óseo. La filiación poblacional es también parte importante en la génesis y ontogenia del tejido óseo, ya que se pueden observar múltiples variedades de morfologías manifestadas en el hueso entre y dentro de los grupos étnicos, comunidades rurales y sectores urbanos (Krenzer, 2006).

Los distintos métodos que se pueden utilizar a la hora de determinar el sexo en una muestra poblacional o en un individuo aislado en contextos forenses son los métodos morfognósticos o morfoscópicos, que son de tipo cualitativo; los métodos morfométricos de orden cuantitativo; y, por último, los métodos microbiológicos o histológicos, que son a nivel genético y molecular. Los primeros dos tipos de métodos sirven para mejorar la probabilidad a posteriori de la determinación del sexo, mientras que el análisis de los cromosomas a nivel genético brinda resultados con un margen mínimo de error a través de una investigación avanzada que se debe realizar en laboratorios específicos con la tecnología adecuada (Krenzer, 2006).

Autores como Krenzer (2006), Aleman et al. (1997) y Rosique et al. (2004) destacan los métodos morfométricos, ya que a diferencia de los métodos morfoscópicos que depende de la experiencia y pericia del investigador a la hora de enfrentarse a los rasgos más característicos del dimorfismo sexual, los métodos morfométricos logran un diagnóstico final basado en criterios estadísticos y son una gran herramienta para cuando se carece de otros indicadores confiables (cráneo y pelvis).

El análisis discriminante ofrece el mayor porcentaje de clasificación correcta. Sin embargo, deben aplicarse a la misma población de donde se obtuvo en primer lugar la muestra para su construcción, es decir, que para cada población debe existir una función discriminante específica o en menor medida una función que corresponda a una población similar de la que no



se tenga mucha distancia biológica, en términos de Aleman et al. (1997) que sea lo más homogénea posible en cuanto al grado de dimorfismo sexual presentado en alguna de ellas. Buikstra & Ubelaker (1994) recomiendan, por el contrario, que la aplicación de estándares métricos desarrollados en poblaciones alejadas en tiempo y espacio de la muestra estudiada debe evitarse en todos los casos. Y se debe reconocer que el patrón del dimorfismo sexual varía inter e intra poblacionalmente, en el intento por construir y desarrollar estándares de estimación de sexo en restos óseos.

De acuerdo con la composición y estructura ósea, todos los huesos del cuerpo humano son medibles y casi todos los huesos y dientes demuestran diferencias de tamaño, con valores más pequeños para las mujeres y mediciones más grandes para los hombres (Krenzer, 2006). Aleman et al. (1997) expresan que es preferible, para la determinación del sexo, utilizar aquellas medidas que indican tamaño o robustez, como las longitudes o el tamaño de las epífisis, ya que las medidas de las diáfisis, aunque no presenten diferencias en relación con el dimorfismo sexual, pueden verse más alteradas por factores extrínsecos como la nutrición o el tipo y nivel de actividad. Continúa diciendo: “para asignar el sexo de individuos de los que sólo se conservan restos aislados o fragmentados, es necesario utilizar aquellas técnicas que ofrezcan no el mayor porcentaje de asignación, sino la mayor afinidad con la población en estudio” (Aleman et al., 1997, p. 229).

A pesar de todas sus ventajas, no se puede afirmar que la aplicación de métodos morfométricos deleve nuevas aproximaciones o aportes adicionales al estudio de la discriminación de sexos en el 100% de las veces. Krenzer (2006) expresa que los métodos morfométricos son instrumentos para detectar las diferencias métricas, pero no mejoran o profundizan de manera trascendente los resultados obtenidos por los métodos morfoscópicos. Teniendo en cuenta esto, Krenzer adiciona que la discriminación métrica posee un agregado especial a la hora de trabajar con restos incompletos o fragmentados.

### **5.5 Funciones discriminantes.**

Los análisis de las funciones discriminantes en los métodos morfométricos tienen una gran utilidad a la hora de estimar sexo en individuos a partir de la realización de medidas lineales, fórmulas y series de probabilidad dentro de una muestra colectiva. Sin embargo, Thieme &

Schulls (1957), encontraron que el problema que radica en los métodos morfométricos está en que lo que se quiere hallar es el sexo y no en los valores métricos de cada pieza ósea, es decir, que son continuas las publicaciones que destacan las mediciones de muestras e individuos, pero que no logran una comparación precisa que pueda concluir en la estimación real del sexo. El análisis de la función discriminante permite determinar la potencia y viabilidad que los datos obtenidos en las medidas pueden llegar a tener en la discriminación de una muestra.

Klepinger (2006), apunta a que los análisis de funciones discriminantes emergieron por la incapacidad que hasta el momento habían tenido los métodos morfoscópicos y morfométricos simples en controlar la tasa de error en la estimación del sexo, argumentando que para cualquier tipo de rasgo que sea posible medir, los rangos de valores para hombres y mujeres pueden superponerse, lo que dificulta el trabajo en la estimación del sexo. De esta forma, entre menor sea la superposición de los valores entre hombres y mujeres que resultan de diferentes mediciones en el esqueleto, mayor es la seguridad de asignar con éxito el sexo. Los análisis de funciones discriminantes multivariados (combinan dos o más medidas en un hueso), minimizan la posible superposición de los valores que se obtienen al medir un mismo rasgo en dos individuos diferentes, a través de una combinación lineal de variables ponderadas que maximicen la variabilidad entre grupos en relación con la varianza intra-grupal.

Tal y como se mencionó anteriormente, cada análisis de función discriminante que se publica, en relación a la estimación de sexo, es propio de cada colección y aplicable únicamente a la población de la cual se obtuvo dicha función. Trujillo-Mederos & Ordoñez (2011), manifiestan que:

La ventaja de este tipo de análisis es la reducción de la subjetividad respecto a los métodos morfológicos, pero su inconveniente reside en que las ecuaciones son específicas de cada población (...) y hay que considerar que algunos caracteres dimórficos y métricos varían según el grupo humano que se analice. (Trujillo-Mederos & Ordoñez, 2011, p. 139)

A esta conclusión se suman Thieme & Schulls (1957), quienes vieron que los métodos de función discriminante para la determinación del sexo que utilizaron en su estudio de una serie de

negros americanos eran eficaces en tanto se aplicaran a una muestra que correspondiera a la misma filiación poblacional.

En este punto se ve truncado el desarrollo de estándares mundiales en la estimación de sexo en restos humanos esqueléticos, debido a que los patrones del dimorfismo sexual presentan una alta variabilidad entre poblaciones y dentro de ellas. Si bien en cualquier población humana, los huesos de hombres y mujeres son diferentes en tamaño y forma, la aplicación de estándares métricos ajenos a la población dada no refleja la realidad del dimorfismo sexual existente en la muestra estudiada (Buikstra & Ubelaker, 1994). En resumidas cuentas, las normas métricas y no métricas están destinadas a ser aplicadas a los grupos de los que se derivaron o para las que han demostrado idoneidad, defiende Klepinger (2006). Krenzer (2006) señala con más precisión el problema que atañe a la falta de estándares en la estimación de sexo en el caso centroamericano. La necesidad de crear estándares propios para cada nación, incluso para las diferentes poblaciones que la conforman, es una prioridad en el trabajo antropológico, en especial en los casos latinoamericanos donde el contexto alrededor de la identificación humana se complejiza por las diferentes situaciones particularizantes de violencia y variabilidad que se desenvuelven en cada país.

## **5.6 Colombia y la variabilidad humana.**

La variabilidad hace referencia a la tendencia y la frecuencia con que se presentan o están ausentes algunos rasgos o signos biológicos que caracterizan a una población o a un sector de la misma, y esta, a diferencia de la variación biológica, está profundamente influenciada por la vida cultural y social de los seres humanos. Según Rodríguez (2004), aunque la ascendencia marca gran parte del sentido de variabilidad que se pueda tener, hay aspectos tales como: la ecología humana, la alimentación, la sedentarización, la afluencia de factores endémicos, las patologías y las presiones culturales y socioeconómicas; que son claves en la configuración de la variabilidad de un grupo humano o un individuo.

En el contexto colombiano, existe un alto grado de variabilidad por ser principalmente un país pluricultural, multiétnico y de un marcado mestizaje. Además, enfrenta problemas sociales por el conflicto armado, la delincuencia común, el narcotráfico, el terrorismo y los elevados índices de corrupción en sus estamentos gubernamentales, contribuyendo así en gran medida a la

tasa de pobreza, el desplazamiento forzado, las personas desaparecidas, los déficits en salud y educación, y a la construcción de un conocimiento integral, competente y a la par de los países desarrollados. La variabilidad fenotípica y morfométrica de las distintas regiones del país, explica Rodríguez (2004), es en gran parte desconocida por la ausencia de estándares y protocolos que acojan a las poblaciones indígenas, afrodescendientes y rurales distribuidas a lo largo del territorio nacional. Expresa Rodríguez (2004): “Esta particular situación colombiana demuestra la necesidad que tiene el país de desarrollar procedimientos y estándares de identificación, tanto para personas vivas como desaparecidas” (Rodríguez, 2004, p. 8).

El panorama de los derechos humanos del país y de toda América latina, conlleva a que la antropología forense vaya más allá en la búsqueda de información y no se limite solo a aspectos bioantropológicos, arqueológicos o judiciales; sino que, con el fin de ampliar la gama de estrategias, métodos y técnicas en la identificación de personas desaparecidas y fallecidas en condiciones violentas, se debe conocer las circunstancias específicas de desaparición del individuo, su perfil biológico y su contexto familiar y social (Rodríguez, 2004).

Otros autores como Moore et al. (2016), que han trabajado con métodos morfométricos en la estimación del sexo en el ámbito colombiano, han referenciado la singular situación del país en los temas de variabilidad y violencia. En la introducción a su trabajo dejan ver que, en Colombia, así como en otras partes de América del sur, la identificación de individuos es un desafío por el nivel de mezcla histórica que se da en la población. Destacando así una vez más la necesidad de crear estándares específicos para la población y de comprobar y evaluar aquellos que se vienen utilizando hoy, que en su gran mayoría provienen de los estándares proporcionados por las investigaciones en los Estados Unidos. Moore et al. (2016) finalizan enunciando que:

Debido a la relajación social de la segregación, la principal categoría aún en uso es mestizo, y esto puede reflejar una persona cuyos ancestros son cualquier combinación de africanos, indígenas y europeos. Como resultado, la estimación del sexo basada en poblaciones discretas, como las desarrolladas para América del Norte puede no ser precisa cuando se aplica a los restos de colombianos. (Moore et al., 2016, p. 6)

Dadas las anteriores características del país y de la región latinoamericana, los diferentes diagnósticos y estimaciones dentro de la cuarteta básica son más complejos y no obedecen a

estándares ni métodos desarrollados por fuera del ámbito local, lo que a su vez complica la labor del antropólogo forense en el estudio y reconocimiento de restos óseos. Medir y evaluar la aplicabilidad y precisión de los métodos morfométricos que se usan actualmente en el proceso de identificación, así como en la educación y formación de estudiantes, es de carácter urgente y fundamental, ya que así se podrá empezar a desarrollar métodos y estándares propios que incluyen el factor variabilidad y contexto social en sus estudios.

### **5.7 Colecciones de referencia, aplicabilidad y precisión.**

Es necesario contemplar dos conceptos más en el marco de la estimación de sexo a partir de métodos morfométricos, que al igual que los ya expuestos, es importante tenerlos a consideración para el pleno desarrollo del tema en cuestión. En primera instancia, se deben apoyar los métodos y estándares específicos desarrollados en la creación de nuevas colecciones de referencia esquelética que constituyan un punto de partida y validen la construcción del conocimiento local.

Estas colecciones deberán permitir la inclusión de muestras poblacionales discretas y periféricas como es el caso de los pueblos indígenas y las comunidades afrodescendientes, para de este modo poder examinar y distinguir las diferencias en la variabilidad ósea de dichas poblaciones y el gran cumulo mestizo (Moore et al., 2016). Y en segunda instancia, es necesario contar con niveles adecuados de exactitud, precisión y confiabilidad en las investigaciones y aplicaciones de los diferentes métodos morfométricos desarrollados y ya existentes. La exactitud y precisión que pueda llegar a tener el uso diferenciado de un método determinado, en cuanto a estimar sexo, edad, estatura y ascendencia de un esqueleto en el que se desconocen estas variables, siempre dependen de los estándares derivados de una serie de individuos esqueléticos que posean los debidos registros base del perfil biológico de cada uno (White et al., 2012).

Una colección de referencia es, según White et al. (2012), una serie estándar de individuos esqueléticos cuya edad, sexo, talla y ascendencia es conocida y permite determinar estos mismos atributos biológicos en restos óseos desconocidos mediante su comparación directa o indirecta con dichos elementos. Sin embargo, hacen referencia los autores que, dichas series no existen en muchos lugares y los antropólogos -en su intento de estimar las cualidades biológicas

establecidas en la cuarteta básica de material óseo desconocido- recurren intensivamente a las colecciones más importantes y conocidas a nivel mundial, en las que medianamente hay registro detallado de la información biológica de los individuos. Es por esto que todos los métodos y estándares que se desarrollan apoyados en las grandes colecciones, presentan limitaciones de tipo filiacional, omitiendo el factor variabilidad y demás factores socioculturales.

White et al. (2012) definen la exactitud como “el grado en que una determinación se ajusta a la realidad” (White et al., 2012, p. 380) mientras que la precisión “es el grado de refinamiento con el que se hace una determinación” (White et al., 2012, p. 380). Si damos por sentado que cada identificación en cualquiera de sus atributos biológicos -sexo, edad, talla, ascendencia y demás- no es más que una acepción probabilística. Dicha probabilidad puede depender de múltiples factores diferenciales, como el hecho de que identificar el sexo sea más exacto y preciso en individuos adultos, que han desarrollado a plenitud todas las características dimórficas del cuerpo humano; así como el hecho de que identificar la edad en individuos subadultos, tiene una probabilidad mayor en exactitud y precisión, debido a que el envejecimiento dificulta el esclarecimiento de la edad en los huesos por motivos de desgaste y resorción ósea.

Krogman (1962), ya había hecho alusión al grado de precisión en la estimación del sexo de elementos óseos desconocidos, evidenciando que hay tres factores perjudiciales para este. En primer lugar, la naturaleza a menudo fragmentada o aislada del material disponible para su análisis; en segundo lugar, la edad al momento de muerte notoria en los huesos; y, por último, el condicionante de la variabilidad y la falta de estándares específicos.

La estimación del sexo en restos óseos ya sea a partir de métodos morfométricos o de métodos morfoscópicos, han abarcado diversos huesos en todo el esqueleto, de los cuales el cráneo y la cintura pélvica han exhibido históricamente, una alta tasa de precisión en la identificación del perfil biológico de un individuo y es por esto que son los elementos óseos más usados y estudiados en la antropología y la osteología. Sin embargo, no es extraño que dichas piezas óseas estén ausentes, muy fragmentados o en mal estado y deterioro por condiciones tafonómicas, en estos casos se debe disponer de otros huesos con caracteres dimórficos que ayuden a esclarecer el sexo y aporten información confiable del material óseo desconocido.

## 5.8 Dimorfismo sexual.

Cada hueso, según Trujillo-Mederos & Ordoñez (2011), presenta una serie de medidas que, a través de un estudio antropométrico, pueden evidenciar diferencias discriminantes en el sexo probable de un individuo esquelizado, ya que los huesos más largos, robustos y pesados corresponden generalmente a los hombres y los huesos más gráciles, livianos y pequeños pertenecen usualmente a las mujeres. Esta diferencia en el dimorfismo sexual que obedece al tamaño es debido a la mayor corpulencia y estatura que generalmente tienen los hombres en una población (Rosique et al., 2004).

En otro momento, Thieme & Schull (1957), señalaron que, no es que las mujeres sean meramente más pequeñas que los hombres, si no que el cúmulo de las medidas que se pueden obtener del esqueleto de una mujer, son relativamente diferentes a las medidas obtenidas de un hombre proveniente de la misma población; y es consecuencia de esto, que algunas medidas como las longitudes, diámetros y circunferencias- sean ideales para la discriminación del sexo. Garrido-Vargas et al. (2014) consideran que, en promedio, todas las variables masculinas son mayores en sus valores que las variables femeninas.

Humphrey (1998) citado por Papaioannou et al. (2012), expone que, los huesos que tienen una tasa de crecimiento diferente y posterior como la clavícula y la escapula, son generalmente más dimórficos que otros huesos que son de crecimiento más temprano, lo cual puede reflejar una relación directa entre el patrón de desarrollo y el grado de dimorfismo sexual.

La clavícula humana es considerada por algunos autores (Scheuer & Black, 2000; Papaioannou et al. 2012; Akhlaghi et al. 2012; Alcina et al. 2012; Kralik et al. 2013) como un hueso relativamente resistente a los factores tafonómicos y la degradación ambiental tanto en un contexto forense como en un contexto bioarqueológico, debido a su gruesa capa de tejido cortical y compacto. Además, concuerdan en que debido a su patrón específico de ontogenia (al ser uno de los elementos óseos que termina su desarrollo más tarde) y los cambios que con la edad se generan en la superficie articular esternal durante la vida adulta, la clavícula es un elemento óseo de alto potencial para la estimación del sexo –por su marcado grado de dimorfismo sexual- y la edad en individuos esquelizados, especialmente en los casos donde la cintura pélvica y el cráneo no están disponibles o no arroja información confiable dado su grado de deterioro.

## 5.9 Clavícula.

La clavícula es un hueso tubular o cilíndrico en forma de S, no presenta cavidad medular y es considerada como un hueso largo de sección transversal ovalada a circular (White et al., 2012). Articula medialmente con la escotadura clavicular del manubrio del esternón (extremo externo) a través de una articulación sinovial y lateralmente articula con el proceso acromial de la escápula (extremo acromial). El extremo externo es redondeado y el extremo acromial es más aplanado en dirección supero-inferior. La clavícula posee una doble curvatura en el plano horizontal que separa el hueso en tres tercios (dos mediales y uno lateral). Es un hueso subcutáneo en gran parte de su longitud y pasa horizontalmente a través de la base del cuello (Scheuer & Black, 2000).

La clavícula, explican Scheuer & Black (2000), hace parte de la cintura escapular, la cual se encarga, principalmente de aumentar y sostener el movimiento de las extremidades superiores reduciendo las limitantes articulares y proporcionándoles una estabilidad mecánica, lo que le permite desempeñarse en actividades aprehensibles y de manipulación de objetos. Scheuer & Black (2000) agregan que la clavícula, específicamente hablando:

Tiene por funciones: servir como punto de apoyo que sujeta las extremidades superiores a la caja torácica, mediante el sostenimiento de la articulación gleno-humeral en un plano para-sagital; proporcionar una estructura ósea para la inserción de músculos y ligamentos; transmitir las tensiones de soporte del miembro superior al esqueleto axial; y, por último, proteger el haz neurovascular axilar a medida que pasa desde el cuello hacia el miembro superior. (Scheuer & Black, 2000, p. 244)

En algunas clavículas es posible encontrar una fosa o impresión en el tercio más medial o extremo externo, en una vista antero-inferior. Este accidente óseo es denominado Fosa Romboide o Romboidea, la cual se origina cuando el ligamento costo-clavicular o Romboide, que conecta a la clavícula con la primera costilla, para así proporcionar estabilidad en la caja torácica. Está unido en su ligadura de forma tan fuerte que ejerce una presión sobre la superficie cortical de la clavícula, dejando en ella -en algunos casos- depresiones profundas, ranuras superficiales, impresiones ásperas, tubérculos, entre otras características óseas (Krogman & Iscan, 1986).



Esta fosa Romboide, según Scheuer & Black (2000), puede detectarse en radiografías en individuos vivos, y es común que sea confundida con lesiones patológicas en el tejido blando o el tejido óseo. La presencia de esta fosa ha sido estudiada como rasgo dimórfico asociando dicha característica a los hombres y además como señal significativa en la estimación de la edad.

White et al. (2012) encontraron que las clavículas humanas poseen un gran rango de variación en una misma muestra poblacional. Los autores seleccionaron un total de 80 clavículas prehistóricas de un solo sitio y con sexo equilibrado, para ilustrar el grado de variación en tamaño total, contorno del hueso y topografía de la superficie ósea que refleja una misma pieza ósea en una única muestra. De esta forma señalaron que, dichas variaciones en tipo y cantidad deben esperarse en cualquier otra muestra que presente una edad similar y una distribución equilibrada en el sexo.

### **5.10 Lateralidad.**

La lateralidad es otro factor importante a tener en cuenta cuando se trabaja con un hueso como la clavícula, debido a que para autores como Scheuer & Black (2000), en la clavícula humana se destaca un aspecto inusual, ya que el hueso izquierdo suele ser el más largo, mientras que el derecho es el más robusto en un individuo. Atribuyen este fenómeno, al igual que otros autores, a la carga diferencial, la asimetría de ligamentos y/o la vascularización predominante en cada individuo.

Scheuer & Black (2000) discuten que dicha asimetría se debe, primordialmente, “a una inhibición longitudinal debido a un sesgo en la carga mecánica, particularmente a través de la compresión axial” (Scheuer & Black, 2000, p. 248).

Por otra parte, autores como Thieme & Schull (1957) precisaron que las posibles diferencias entre izquierda y derecha no son las mismas para cada sexo –aunque no tengan un valor significativo para la estimación del sexo- y deben ser entendidas por algo distinto al aspecto funcional o de dominancia.

Garrido-Vargas et al. (2014) llegaron a la conclusión -con respecto a la lateralidad en la estimación del sexo mediante métodos morfométricos en el esqueleto poscraneal- de que no existen diferencias relevantes, a nivel de grupo o población, entre las variables de los huesos izquierdos y derechos, por lo que la elección de un lado a la hora de estudiar el dimorfismo

sexual en restos óseos, así como de elaborar funciones discriminantes para la estimación del sexo, no es un asunto crítico ni trascendental en el desarrollo y posterior obtención de resultados de un estudio en este campo. Destacan sin embargo los autores que, las diferencias entre la lateralidad izquierda y derecha si resultan preponderantes cuando se analizan a nivel de individuos.

**5.11 Crecimiento y desarrollo de la clavícula.**

**Tabla 1**  
*Periodos de desarrollo*

<b>Edad</b>	<b>Desarrollo morfológico</b>
Semana 5 – 6 (prenatal)	Aparecen centros de osificación primarios
Semana 7 (prenatal)	Dos centros se fusionan para formar una sola masa
Semana 8 – 9 (prenatal)	La clavícula empieza a tomar forma de S
Semana 11 (prenatal)	La clavícula adopta su morfología adulta
Natalicio	La clavícula está representada solo por el eje y es esencialmente adulta en su morfología
Año 12 – 14	Epífisis medial con forma de escama
Año 16 – 21	Comienza la fusión de las escamas en el extremo medial
Año 19 – 20	Empieza a formarse y a fusionarse la epífisis lateral
Año 29 en adelante.	Termina la fusión de la epífisis medial en todos los individuos

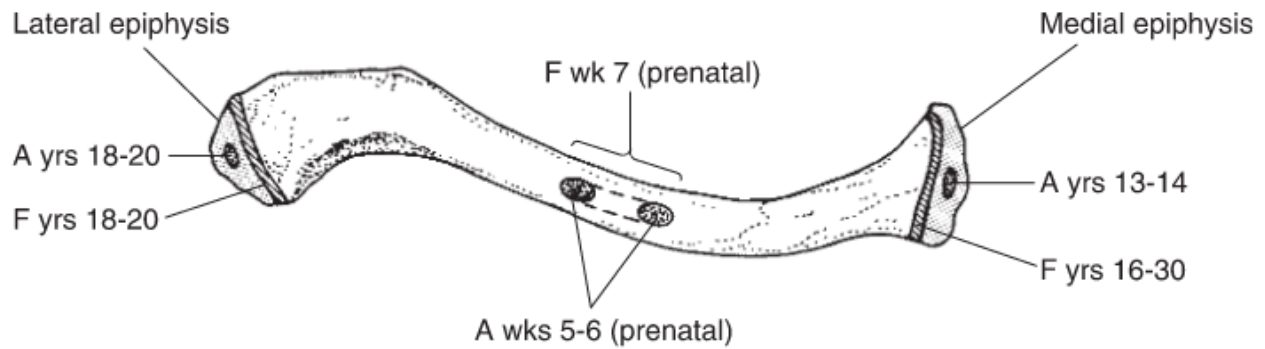
*Nota.* Fuente. (Scheuer & Black, 2000)

En cuanto a su crecimiento y desarrollo, la clavícula es un hueso inusual y único respecto los demás huesos largos y es debido a su particular patrón de osificación que, comparado con los otros huesos poscraneales, se da de manera distinta. La clavícula tiene entonces dos centros primarios de osificación, uno ubicado en la mitad lateral del hueso y el otro en la mitad medial de del mismo. La mitad lateral –que correspondería al extremo acromial- de la clavícula osifica de

forma intramembranosa, lo que quiere decir que osifica por aposición sobre el tejido dentro de una membrana embrionaria de tejido conectivo (al igual que los huesos del cráneo) y la mitad medial –correspondiente al extremo esternal- de la clavícula osifica de modo endocondral, lo que significa que el hueso fue precedido por tejido cartilaginoso denominado modelo de cartílago (White et al., 2012).

Siguiendo una ruta similar, autores como Alcina et al. (2012), hacen énfasis en este desarrollo diferenciado de la clavícula, argumentando que su gran potencial e interés en estudios sobre dimorfismo sexual y estimación de atributos biológicos como la edad y el sexo, está en que es el primer hueso -junto con la mandíbula- en osificarse (semana 5 en el útero) y el último en fusionarse con su extremo o epífisis esternal (entre los 25 y 30 años) completando así su desarrollo.

**Figura 1**  
*Crecimiento y desarrollo de la clavícula*



*Nota.* Crecimiento de la clavícula. Tiempos de aparición (A) y fusión (F) de los centros de osificación clavicular.  
Fuente (Scheuer & Black, 2000)

## 6 Metodología

El presente es un estudio de corte transversal y descriptivo con un enfoque cuantitativo, donde se evaluó el grado de confiabilidad de los métodos morfométricos, desarrollados en el ámbito global y local, para la estimación del sexo a partir de la clavícula en una muestra de población colombiana proveniente de la ciudad de Medellín, basados en los estándares para la recolección de datos de restos óseos humanos de Buikstra & Ubelaker (1994).

Las medidas fueron tomadas en cuatro momentos diferentes, tres veces por el estudiante y una cuarta vez por la profesora, asesora del estudio, de forma aleatoria en un par de individuos de la muestra, registrando en cada ocasión los datos de las mediciones en una hoja Excel, para de esta manera calcular el error intraobservador y obtener un mayor grado de precisión y estandarización de los datos obtenidos. Posteriormente se procedió a revisar la homogeneidad de los resultados en los cuatro momentos y verificar cual era la media en cada una de las variables. Esta última, fue la usada en la realización del estudio y en la cual se aplicó el análisis de función discriminante utilizado por Moore et al. (2016) en su artículo, cuyos casos fueron validados de forma cruzada. De forma que cada caso se clasificó por las funciones derivadas de todos los casos que no sean ese caso. La validación cruzada brinda una estimación del sexo más conservadora y confiable.

### 6.1 Análisis de Función Discriminante Univariada en la clavícula por Moore et al. (2016).

El análisis de función discriminante univariada utiliza solo una medida o valor lineal para estimar el sexo en una pieza ósea. Para el caso de la clavícula se trabajó con la longitud máxima y con el diámetro antero-posterior de la diáfisis. De esta manera:

- Si la medida es mayor que el punto de corte, el elemento es hombre; si es menor que el punto de corte entonces es de una mujer.

**Tabla 2**  
Análisis de Función Discriminante Univariada

Medida	Tamaño Muestra	Media Mujeres	D.E. Mujeres	Tamaño Muestra	Media Hombres	D.E. Hombres	Punto de Corte	Tasa de Clasificación
Longitud Máxima Clavícula	38	137.24	7.28	71	154.33	10.29	145.79	82.6%
Diámetro Antero-Posterior Diáfisis Clavícula	38	10.18	1.17	71	11.8	1.35	10.99	77.1%

Nota. Fuente. (Moore et. al., 2016)

**6.2 Análisis de Función Discriminante Multivariada en la clavícula por Moore et al. (2016).**

El análisis de función discriminante multivariada combina dos o más medidas en una pieza ósea para la estimación del sexo, por tanto, minimiza la posible superposición de los valores que se obtienen al medir un mismo rasgo en dos individuos diferentes. Las medidas integradas en la clavícula, así como sus respectivos coeficientes y los parámetros tenidos en cuenta fueron los siguientes:

- $(0.087 * \text{Longitud Máxima Clavícula}) + (0.261 * \text{Diámetro Antero-Posterior Diáfisis Clavícula}) + (0.313 * \text{Diámetro Supero-Inferior Diáfisis Clavícula}) + (-18.58)$
- Valores menores a 0 corresponden a mujeres y valores mayores a 0 son hombres.
- Medidas en milímetros
- Los análisis de funciones discriminantes fueron realizados en el Statistical Software Program SPSS® 21.0.

**Tabla 3**  
Análisis de Función Discriminante Multivariada

Hueso	Tamaño Muestra Mujeres	Tamaño Muestra Hombres	Tasa de Clasificación Mujeres	Tasa de Clasificación Hombres	Total
Clavícula	41	68	85.4%	92.6%	89.9%

Nota. Fuente. (Moore et. al., 2016)

### 6.3 Variables.

Los puntos de referencia anatómicos de la clavícula, así como las medidas estandarizadas que se realizan en esta para el estudio morfométrico en la estimación del sexo, son el punto de partida del presente estudio. Por tanto, es de suma importancia describirlos al detalle según el trabajo de White et al. (2012).

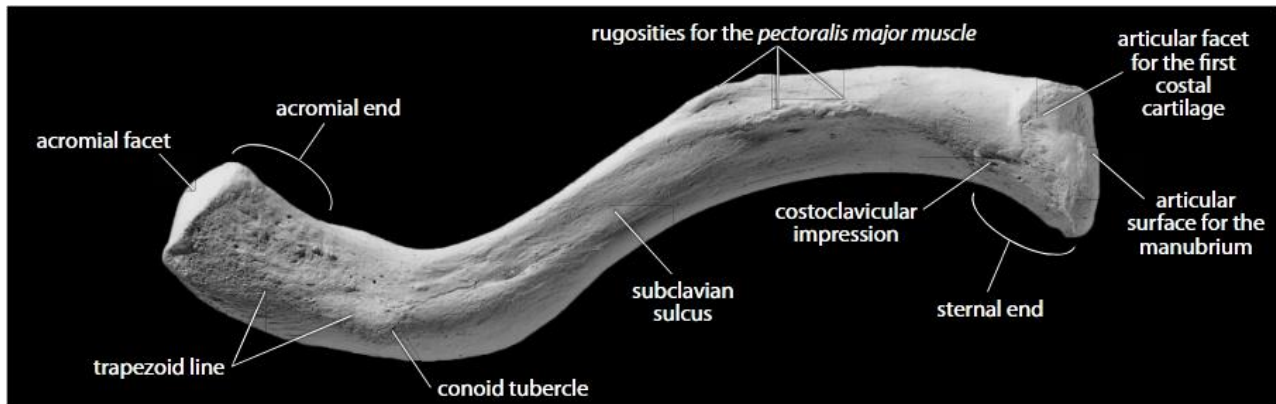
#### 6.3.1 Puntos anatómicos de la clavícula.

- **Extremo esternal:** es robusto y redondo y posee una superficie articular en su plano medial para el manubrio, también posee una pequeña faceta articular para el primer cartílago costal.
- **Extremo acromial:** es más plano y ancho que el extremo esternal y en su superficie lateral se encuentra la faceta acromial, para la articulación con el proceso acromial de la escapula.
- **Tubérculo Costoclavicular:** es un rasgo variable en la superficie inferior del extremo esternal. Cuando está presente, es una superficie ancha irregularmente rugosa, donde va anclado el ligamento Costoclavicular, fortalece la articulación Esternoclavicular.
- **Surco subclavio:** corre a lo largo del cuadrante postero-inferior de la diáfisis media, proporcionando un techo a los grandes vasos sanguíneos del cuello y una inserción para el musculo subclavio entre la clavícula y la caja torácica.

- **Tubérculo conoide:** se encuentra en el extremo acromial de la clavícula, en la superficie posterior. Es el punto de unión del ligamento conoide, que se une al proceso coracoides de la escapula.
- **Línea Trapezoidea:** es donde se encuentra la inserción del ligamento trapezoide. Parte desde el tubérculo conoide lateralmente hacia la faceta acromial.
- **Rugosidad del musculo trapezoide:** se encuentra en la porción posto-lateral de la superficie superior.
- **Rugosidad del musculo Deltoide:** se encuentra en el margen antero-lateral de la superficie superior.
- **Rugosidad del musculo pectoral mayor:** se encuentra enmarcada en la porción antero-medial de la clavícula.

**Figura 2**

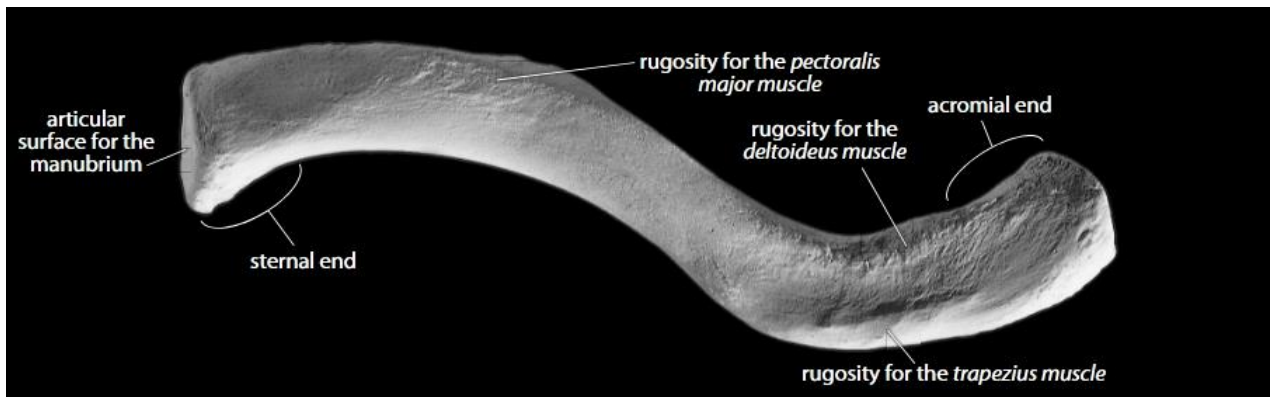
*Puntos anatómicos clavícula A*



*Nota.* Vista inferior. Superficie anterior arriba, lateral hacia la izquierda. Imagen tomada de White et al. 2012

**Figura 3**

*Puntos anatómicos clavícula B*

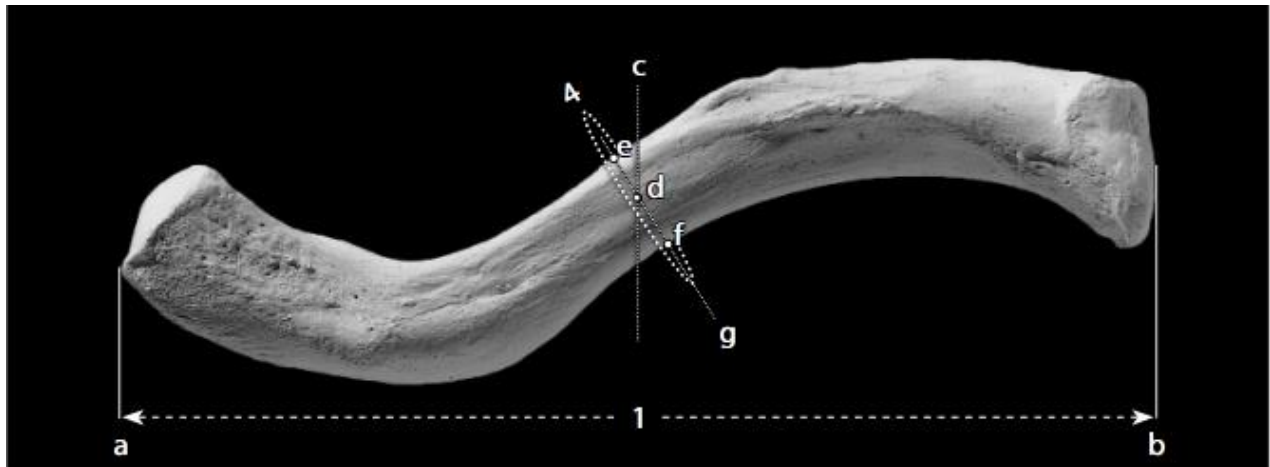


*Nota.* Vista superior. Superficie anterior arriba, lateral hacia la derecha. Imagen tomada de White et al. 2012

### 6.3.2 Medidas de la clavícula.

- **Longitud Máxima de la Clavícula (LMC):** Es la distancia entre el punto más lateral del extremo acromial y el punto más medial del extremo esternal.
- **Diámetro Antero-Posterior de la Diáfisis (DAPD):** Es la mínima distancia entre la superficie ventral y la superficie dorsal de la diáfisis, pasando a través del punto medio de la diáfisis.
- **Diámetro Supero-Inferior de la Diáfisis (DSID):** Es la mínima distancia entre la superficie superior y la superficie inferior de la diáfisis, pasando a través del punto medio de la diáfisis.
- **Circunferencia de la Diáfisis Clavícula (CDC):** Es la circunferencia mínima de la diáfisis que pasa a través del punto medio de esta.

**Figura 4**  
*Medidas clavícula*



*Nota.* Vista inferior. Superficie anterior arriba, lateral hacia la izquierda. a) punto más lateral del extremo acromial; b) punto más medial del extremo esternal; c) diáfisis; d) punto medio de la diáfisis; e) punto sobre la superficie ventral más cerca del punto medio de la diáfisis; f) punto sobre la superficie dorsal más cerca del punto medio de la diáfisis; g) diámetro antero-posterior y diámetro supero-inferior; 1) LMC; 4) CD. Imagen tomada de White et al. 2012



### **6.3.3 Muestra.**

Se seleccionó una muestra no probabilística de la colección osteológica de docencia de la Universidad de Antioquia. Conformada por 19 individuos de ambos sexos y con edades entre 20 y 50 años. Esta muestra fue recuperada del Cementerio San Pedro y el Cementerio Universal de la ciudad de Medellín.

Los criterios para la selección de los individuos que hacen parte del estudio son los siguientes:

- Plena identificación del sexo y la edad de los restos individualizados.
- Óptima conservación y estado de ambas clavículas.
- Los individuos deben pertenecer a la colección de referencia de la Universidad de Antioquia y no estar actualmente en ningún proceso de investigación judicial.

Algunos de los criterios por los que se descarta la utilización de más individuos en la muestra del estudio son:

- Desconocimiento del sexo y/o edad del individuo
- Ausencia de una o de ambas clavículas en los restos
- Individuos inmaduros que no alcanzaron la adultez
- Restos óseos que se encuentran con proceso de restauración o de investigaciones judiciales vigentes.
- Clavículas con daños tafonómicos, fragmentadas o alteradas de cualquier forma.

### **6.4 Método.**

El método para utilizar como referencia en la evaluación de la confiabilidad es el desarrollado por Moore et al. (2016) en una muestra de población colombiana perteneciente a la colección osteológica del Instituto de Medicina Legal y de Ciencias Forenses de Bogotá. Este método para la estimación del sexo a partir de la clavícula utiliza tres medidas de forma univariada y multivariada: Longitud Máxima de la Clavícula (LMC), Diámetro Antero-Posterior Diáfisis (DAPD) y Diámetro Supero-Inferior Diáfisis (DSID).

## **6.5 Materiales.**

### ***6.5.1 Cinta Antropométrica o Flexómetro.***

Es la herramienta estándar que se utiliza para medir las circunferencias de los huesos. Esta debe ser flexible, pero no elástica, con una anchura inferior a los 7mm, con un espacio sin graduar antes del cero y con escala de fácil lectura. El muelle o sistema de recogida y extensión de la cinta debe mantener una tensión constante y permitir su fácil manejo. Se recomienda que las unidades de lectura estén graduadas en milímetros con una precisión de 1mm. También se utiliza para medir perímetros y para la localización del punto medio entre dos puntos anatómicos (White, et al., 2012).

### ***6.5.2 Tabla osteométrica.***

Es la herramienta usada para medir longitudes y ángulos en algunos elementos poscraneales como los huesos largos. Esta se compone de una placa o plano horizontal de metal o madera, con una placa perpendicular en cada extremo, siendo una fija y la otra móvil. Esta última se desliza por la placa horizontal para fijar el hueso por sus puntos más distales. El plano horizontal posee una escala graduada en centímetros que se extiende a lo largo de este y determina la medida en longitud. (White, et al., 2012).

### ***6.5.3 Pie de rey.***

Es una de las herramientas de medición más usadas en la osteología. Es utilizado para la toma de perímetros. Consta de un par de mordazas cuya abertura es variable para tomar el hueso y así poder medir determinada zona con una escala numérica o digital. El pie de rey usa una combinación de una escala lineal principal grande, la cual es inamovible, y una escala deslizante no lineal más pequeña para medir distancias en mm, con un error de medición de hasta 0,05 mm. Los milímetros enteros se leen de la escala primaria y los milímetros fraccionarios se leen de la posición relativa de las escalas lineales y no lineales (White, et al., 2012).

### 7 Resultados

Para esta investigación se analizaron un total de 19 individuos, de los cuales 17 eran hombres y 2 mujeres, cuya edad a la muerte se encontraba entre los 20 y 50 años.

La tabla 4 utiliza el punto de corte que Moore et al. (2016) obtuvieron en su investigación para la longitud máxima de la clavícula, como referencia para contrastar con los datos obtenidos de la medición propia con la muestra local. Mostrando así que 5 de los 19 individuos (26.3%) son sexados de manera distinta, siendo todos estos hombres que no alcanzaron el puntaje establecido para la función discriminante univariada que toma únicamente la longitud máxima de la clavícula como referencia para señalar el dimorfismo en la pieza ósea.

**Tabla 4**

*Función discriminante univariada de la Longitud Máxima de la clavícula*

Individuo	Sexo	Longitud Máxima	Punto de Corte 145.79 (Moore, et al., 2016)
CU001	Hombre	143	Mujer
CU007	Hombre	145,7	Hombre
CU009	Mujer	140,7	Mujer
CU015	Hombre	144,3	Mujer
CU017	Hombre	147,7	Hombre
CU031	Hombre	140,7	Mujer
CU045	Hombre	160,3	Hombre
CU046	Hombre	149,7	Hombre
CU053	Hombre	152,7	Hombre
CU055	Hombre	158,7	Hombre
CU058	Hombre	159	Hombre
CU059	Hombre	162,3	Hombre
CU066	Hombre	148,7	Hombre
CU067	Mujer	136,7	Mujer
CU091	Hombre	143	Mujer
CU102	Hombre	140,7	Mujer
CU103	Hombre	148	Hombre
CU111	Hombre	149,3	Hombre
CU121	Hombre	158	Hombre

*Nota.* El punto de corte es el obtenido por Moore et al. (2016) en su investigación con población colombiana en Bogotá.

La tabla 5, usa el diámetro antero-posterior de la clavícula como función discriminatoria univariada para establecer el sexo, tomando nuevamente la referencia del trabajo de Moore et al. (2016) para confrontar las mediciones obtenidas en el actual estudio. Aquí se evidencia que esta vez son 4 individuos del total (21%) los cuales muestran un resultado distinto, siendo nuevamente solo hombres los que no reflejan paridad en los datos.

**Tabla 5**

*Función discriminante univariada del Diámetro Antero-Posterior de la clavícula*

<b>Individuo</b>	<b>Sexo</b>	<b>Diámetro Antero-Posterior</b>	<b>Punto de Corte 10.99 (Moore, et al., 2016)</b>
CU001	Hombre	10	Mujer
CU007	Hombre	9,5	Mujer
CU009	Mujer	9	Mujer
CU015	Hombre	12	Hombre
CU017	Hombre	12	Hombre
CU031	Hombre	9	Mujer
CU045	Hombre	11	Hombre
CU046	Hombre	13	Hombre
CU053	Hombre	13	Hombre
CU055	Hombre	11	Hombre
CU058	Hombre	12,5	Hombre
CU059	Hombre	13	Hombre
CU066	Hombre	11	Hombre
CU067	Mujer	8	Mujer
CU091	Hombre	12	Hombre
CU102	Hombre	13	Hombre
CU103	Hombre	9,7	Mujer
CU111	Hombre	11	Hombre
CU121	Hombre	14	Hombre

*Nota.* El punto de corte es el obtenido por Moore et al. (2016) en su investigación con una muestra de población colombiana en Bogotá

Las tablas 6 y 7 enseñan las tasas de clasificación que poseen las funciones discriminantes univariadas anteriormente expuestas (tablas 4 y 5), entendidas a continuación como porcentajes que representan el grado de confiabilidad o precisión y divididas en mujeres y hombres, así como también de forma cruzada con el total de la muestra.

Si tomamos en primer lugar solo las mujeres, podemos ver que su clasificación fue del 100% para ambas medidas (LMC y DAPD), lo cual nos habla de una confiabilidad completa si la muestra estuviese conformada enteramente por mujeres.

**Tabla 6**  
*Tasas de clasificación univariada en mujeres*

Medida	Punto de Corte (Moore, et al., 2016)	Tamaño Muestra	Media	D.E.	Tasa de Clasificación	Tasa de Clasificación Cruzada
Longitud Máxima Clavícula	145,79	2	138,7	2,8	100%	73,7%
Diámetro Antero-Posterior Diáfisis Clavícula	10,99	2	8,5	0,7	100%	78,9%

*Nota.* La tasa de clasificación cruzada representa el total de la muestra (mujeres y hombres)

Por otra parte, la clasificación en hombres refleja que, para la función discriminante basada en la longitud máxima de la clavícula y en el diámetro antero-posterior de la diáfisis, los valores resultantes son de un 70.6% y 76.5% respectivamente.

Dado que el grado de confiabilidad que otorgan las funciones discriminantes univariadas en cada caso, deben comprender tanto a mujeres como a hombres, la tasa de clasificación se efectúa finalmente de manera cruzada, integrando así el análisis generalizado de la muestra en su totalidad. Así pues, observamos que un 73.7% de los individuos fueron correctamente identificados en su sexo utilizando únicamente la longitud máxima de la clavícula como

referencia discriminante. Y a su vez, el 78.9% de la muestra se clasificó fielmente con la función basada en el diámetro antero-posterior de la diáfisis clavicular.

**Tabla 7**  
*Tasas de clasificación univariada en hombres*

Medida	Punto de Corte (Moore, et al., 2016)	Tamaño Muestra	Media	D.E.	Tasa de Clasificación	Tasa de Clasificación Cruzada
Longitud Máxima Clavícula	145,79	17	150,1	7,2	70,6%	73,7%
Diámetro Antero-Posterior Diáfisis Clavícula	10,99	17	11,6	1,5	76,5%	78,9%

*Nota.* La tasa de clasificación cruzada representa el total de la muestra (mujeres y hombres)

Para las tablas 8 y 9 la función discriminante empleada es de carácter multivariada, abarcando de este modo tres medidas diferentes (LMC, DAPD y DSID) dentro de la misma ecuación arrojada por Moore, et al. (2016), la cual genera un valor que determina si el individuo es mujer (<0) o si es hombre (>0).

La tabla 8 muestra los resultados obtenidos al aplicar el método descrito por Moore, et al. (2016) en su investigación, en cada individuo de la muestra local. Evidenciando así que, el 15.8% de la muestra (3 individuos de 19) no coincide con su sexo ya conocido, los cuales son hombres clasificados como mujeres.

**Tabla 8**  
*Análisis función discriminante multivariada*

Individuo	Sexo	Función Discriminante Multivariada. Moore et al. (2016)
CU001	Hombre	-0,9311 (Mujer)
CU007	Hombre	-0,2946 (Mujer)
CU009	Mujer	-1,4861 (Mujer)
CU015	Hombre	0,7056 (Hombre)
CU017	Hombre	0,8449 (Hombre)
CU031	Hombre	-0,7036 (Mujer)
CU045	Hombre	1,6801 (Hombre)
CU046	Hombre	1,2799 (Hombre)
CU053	Hombre	1,5409 (Hombre)
CU055	Hombre	1,8539 (Hombre)
CU058	Hombre	1,9585 (Hombre)
CU059	Hombre	2,0631 (Hombre)
CU066	Hombre	0,4518 (Hombre)
CU067	Mujer	-1,7821 (Mujer)
CU091	Hombre	0,123 (Hombre)
CU102	Hombre	0,4969 (Hombre)
CU103	Hombre	0,1142 (Hombre)
CU111	Hombre	1,0361 (Hombre)
CU121	Hombre	2,576 (Hombre)

*Nota.* La función discriminante multivariada representa el resultado de la ecuación obtenida por Moore et al. (2016) en su investigación con una muestra colombiana en Bogotá, aplicada a la muestra aquí estudiada.

La tabla 9 nos demuestra que la tasa de clasificación y el grado de confiabilidad de las funciones discriminantes multivariadas es superior al de las funciones discriminantes univariadas. Esto ya que para la evaluación cruzada que allí vemos representada en el total es de un 84.2% de asertividad en la estimación del sexo.

Simultáneamente, la tasa de clasificación en hombres también es mayor a la enunciada en las funciones univariadas con un 82.4%.

**Tabla 9**  
*Tasas de clasificación multivariada*

Hueso	Tamaño Muestra Mujeres	Tamaño Muestra Hombres	Tasa de Clasificación Mujeres	Tasa de Clasificación Hombres	Total
Clavícula	2	17	100%	82,4%	84,2%

*Nota.* El total representa la tasa de clasificación de la muestra completa (mujeres y hombres)

Ahora bien, podemos observar en la tabla 10 la comparación entre resultados del presente estudio y los obtenidos por Moore et al. (2016), y los datos arrojados por Spradley & Jantz (2011), y Spradley et al. (2015); evidenciando la tasa de clasificación de las diferentes funciones discriminantes y las distintas muestras poblacionales.



**Tabla 10**  
Comparación de tasas de clasificación

	Muestra Medellín	Moore, et al. (2016)	Spradley & Jantz, (2011) Negros	Spradley & Jantz, (2011) Blancos	Spradley, et al. (2015) Hispanos
FDM	84,2%	89,9%	93,4%	93,6%	92,9%
FDU-LMC	73,7%	82,6%	84%	82%	88.9%
FDU-DAPD	78,9%	77,1%	73%	67%	N/A

*Nota.* Todos los porcentajes son valores cruzados.

## 8 Discusión

El objetivo principal de este trabajo investigativo fue el de observar cuán confiable y qué tan aplicable son los métodos morfométricos utilizados en la estimación del sexo a partir de la clavícula en una muestra de población local, usando como referencia, y su vez, como herramienta, el estudio más reciente de este tipo realizado en Colombia perteneciente a Moore et al. (2016) en la colección del Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses ubicado en la ciudad de Bogotá.

Con el fin de reducir la brecha de variabilidad que pudiese existir entre las diferentes ascendencias, regiones y comunidades del país. El cual posee una gran pluralidad en cuanto al acervo genético y rasgos biológicos. Contrario a esto, no poseemos una estandarización propia y local de los métodos, características y referencias dentro de las ciencias forenses para nuestra población, como sí las tienen otros países.

Así pues, podemos guiarnos y servirnos de los trabajos hechos con otras muestras poblacionales, como el estudio de estimación de sexo arrojado por Spradley & Jantz (2011), que trabajó con individuos de ascendencia afroamericana y caucasoide, y otra investigación con población de ascendencia hispana (Spradley et al., 2015), muestras pertenecientes al Banco de Datos de Antropología Forense de los Estados Unidos de América.

En síntesis, para proveer un método aplicable y confiable dentro de la antropología física y forense en términos locales, debe determinarse qué funciones discriminantes en la clavícula poseen mayor grado de clasificación y qué grado de asertividad tienen al ser aplicadas en muestras poblacionales distintas.

Es preciso señalar que los resultados presentes en este estudio se vieron profundamente afectados por la cantidad de los individuos dentro de la muestra seleccionada. Por lo que no puede representar significativamente a la población de Medellín de la cual proviene. Esto se evidencia especialmente en el reducido número de mujeres presentes en la muestra, alterando así los resultados finales, no solo en relación a las funciones discriminantes y su confiabilidad, sino también al grado de aplicación que dichos métodos puedan tener en el contexto local.

Este bajo número de individuos estudiados en la muestra local se debió a que, en primera instancia no se tenía acceso a la colección osteológica completa por razones de orden legal, jurídico y/o técnico. Sumado a esto, los ítems de preselección establecidos para este trabajo

descartaban de antemano los individuos con alteraciones patológicas, tafonómicas y con daños postmortem. Dejando solo una pequeña cantidad de individuos pertenecientes a la colección de docencia para su estudio y manipulación en aras de una tesis de pregrado.

Cabe resaltar que el desarrollo de funciones discriminantes propias en cada muestra poblacional es también fundamental para obtener resultados más asertivos y con mayor despliegue académico. En el caso de este trabajo investigativo se optó por usar y adaptar las funciones discriminantes, así como los métodos creados por otros autores que realizaron estudios en la estimación del sexo; con miras a exponer una perspectiva diferente y establecer si dicha metodología puede resultar aplicable y coherente en futuros acercamiento en esta área de investigación.

El siguiente punto para debatir es la factibilidad y pertinencia de la clavícula como alternativa potencial para su uso en las ciencias forenses y la identificación humana para la estimación del sexo, después del cráneo y la cintura pélvica, ya que en contextos donde se vulneran los Derechos Humanos estas piezas óseas pueden estar en mal estado y/o ausentes. Independientemente de las características de la muestra estudiada en el presente trabajo, la tasa de confiabilidad o efectividad de la función discriminante multivariada en la clavícula muestra un alto nivel porcentual en todos los demás trabajos usados como referencia, con un rango entre el 84% y 93.6%.

Esto último abre un abanico de posibilidades para lograr establecer y clasificar de forma localizada los estándares que permitan un desempeño óptimo en la disciplina forense de acuerdo a cada población y sus distintas variables biológicas.

## 9 Conclusiones

Teniendo en cuenta el objetivo general y los objetivos específicos planteados en esta investigación se puede concluir que la confiabilidad de los métodos morfométricos desarrollados por Moore et al. (2016) y aplicados a la muestra local de la ciudad de Medellín, es alta en comparación con otros elementos poscraneales, pero menor si tenemos en cuenta el cráneo y la cintura pélvica.

También se observó que las funciones discriminantes univariadas y multivariadas son significativamente más precisas que los métodos morfoscópicos en la estimación del sexo a partir de la clavícula. Y a su vez, las funciones discriminantes multivariadas presentan un mayor grado de clasificación o confiabilidad en la estimación del sexo para las diferentes muestras poblacionales vistas.

Se concluye también que la clasificación conjunta de los resultados descritos por Moore et al. (2016) y los hallados en este estudio muestran que no hay un índice significativo de diferenciación entre las muestras de Bogotá y de Medellín en cuanto a su variabilidad morfométrica.

Finalmente, si se tiene en cuenta la pregunta de investigación e hipótesis general de este estudio se encontró que los resultados para determinar el grado de confiabilidad que poseen los métodos morfométricos en la estimación del sexo a partir de la clavícula desarrollados en este trabajo no son estadísticamente significativos debido a que la muestra no representa al total de población. Ahora bien, no es posible decir que dichos métodos de estimación del sexo a partir de la clavícula resulten inadecuados en futuras investigaciones, ya que como se muestra en los resultados, otros autores lograron valores significativamente más representativos en sus respectivos estudios. Develando así que la clavícula y las funciones discriminantes representan una alternativa viable y con flexibilidad para su aplicación en distintas muestras poblacionales, debido a que sus valores porcentuales muestran una constante en sus rangos de clasificación.

En resumidas cuentas, se puede argumentar que la clavícula es una gran alternativa para la estimación del sexo dado sus altas tasas de clasificación mediante las funciones discriminantes multivariadas. Además de ser un hueso con poca variabilidad intra-poblacional, prestándose de esta forma para estudios aplicables en poblaciones con índices de mestizaje muy diverso o con ausencia de estándares propios de identificación.

## **10 Recomendaciones**

Se recomienda hacer especial énfasis en la calidad y cantidad de la muestra poblacional a estudiar, para que estadísticamente hablando se vea representada en la investigación.

Es necesario el desarrollo de funciones discriminantes propias con la ayuda de software de análisis de datos estadísticos que mejore la correlación entre variabilidad poblacional y aplicabilidad de los métodos morfométricos.

A partir del trabajo realizado, se insta a continuar con la búsqueda de estándares de identificación locales que mejoren los resultados dentro de la antropología forense.

Debido a la falta de recursos académicos y el limitado acceso a las muestras osteológicas para el estudio e investigación en antropología forense, es importante el acercamiento a normas que faciliten el trabajo interinstitucional e interdisciplinario.

## Referencias

- Alcina, M., Rissech, C., Clavero, A., & Turbón, D. (2012). Dimorfismo sexual de la clavícula: un estudio basado en una muestra actual española. *Revista Española de Antropología Física*, 33: 30-43. <https://dialnet-unirioja-es.udea.lookproxy.com/servlet/articulo?codigo=4201244>
- Aleman, A. I., Botella, M., & Souich, H. (1997). Aplicación de las funciones discriminantes en la determinación del sexo. *Estudios de Antropología Biológica*, IX: 221-230. <https://www.revistas.unam.mx/index.php/eab/article/view/30818>
- Akhlaghi, M., Moradi, B., & Hajibeygi, M. (2012). Sex determination using anthropometric dimensions of the clavicle in Iranian population. *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 19: 381-385. <https://doi.org/10.1016/j.jflm.2012.02.016>.
- Bass, W. M. (2005). *Human osteology: a laboratory and field manual of the human skeleton* (5ta ed.). Missouri Archaeological Society Springfield, MO. [https://www.academia.edu/43949556/Human\\_Osteology](https://www.academia.edu/43949556/Human_Osteology)
- Buikstra, J. E., & Ubelaker, D. H. (1994). *Standards for data collection from human skeletal remains. Proceedings of a seminar at the Field Museum of Natural History*. (44a ed.). Arkansas Archaeological Survey Research. <http://bit.ly/3ZvV6OF>
- Burns, R. K. (2008). *Manual de Antropología Forense* (3ra ed.). Bellaterra. <https://bit.ly/3Zxe87o>
- Frutos, R. L. (2002). Determinación del sexo a partir de la clavícula y la escápula en una población indígena rural guatemalteca contemporánea. *The American Journal of Forensic Medicine and Pathology*, 23(3), 284-288. <https://www.asociaciontikal.com/simposio-16-ano-2002/37-02-luis-rios-frutos-doc/>
- Garrido, V. C., Thompson, T., & Campbell, A. (2014). Parámetros métricos para la determinación de sexo en restos esqueléticos chilenos modernos. *Chungara, Revista de Antropología Chilena*, 46(2) 285-293. <https://dialnet-unirioja-es.udea.lookproxy.com/servlet/articulo?codigo=4749881>
- Humphrey, T. L. (1998). Growth patterns in the modern human skeleton. *Am J Phys Anthropol*, 105: 57-72. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1096-8644\(199801\)105:1<57:AID-AJPA6>3.0.CO;2-A](https://doi.org/10.1002/(SICI)1096-8644(199801)105:1<57:AID-AJPA6>3.0.CO;2-A).
- Iordanidis, P. (1961). Determination du sexe par les os du squelette (atlas, axis, clavicule, omoplate, sternum). *Annales de Médecine Legale*, 41: 280-291. <https://bit.ly/3r1CNzf>

- Jit, I., & Kaur, H. (1986). Rhomboid fossa in the clavicles of North Indians. *Am J Phys Anthropol*, 70: 97-103. <https://doi.org/10.1002/ajpa.1330700114>
- Jit, I., & Singh, S. (1966). El sexado de las clavículas adultas. *Indian Journal of Medical Research*, 54(6): 551-71. <https://bit.ly/3PUTgng>
- Klepinger, L. L. (2006). *Fundamentals of forensic anthropology*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc. [https://www.academia.edu/36081466/Fundamentals\\_of\\_Forensic\\_Anthropology](https://www.academia.edu/36081466/Fundamentals_of_Forensic_Anthropology)
- Králík, M., Urbanová, P., & Wagenknechtová, M. (2014). Sex assessment using clavicle measurements: Inter- and intra-population comparisons. *Forensic Science International*, 234: 181.e1-181.e15, <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2013.08.029>.
- Krenzer, U. (2006). *Compendio de Métodos Antropológico Forenses para la reconstrucción del perfil biológico* (1ra ed.). CAFCA Centro de Análisis Forense y Ciencias Aplicadas. <https://bit.ly/45bf6HJ>
- Krogman W. M. (1962). *The Human Skeleton in Forensic Medicine* (1ra ed.). Charles C Thomas, Springfield. <https://bit.ly/3REJuqQ>
- Krogman, W. M., & Iscan, M. Y. (1986). *The Human Skeleton in Forensic Medicine* (2da ed.). Charles C. Thomas, Springfield. <https://doi.org/10.1002/ajpa.1330740117>  
<http://www.mys1cloud.com/cct/ebooks/9780398088781.pdf>
- Moore, M. K., DiGangi, E. A., Ruiz, 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*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.forsciint.2016.02.018>.
- Murphy, A. M. C. (1994). Sex determination of prehistoric New Zealand Polynesian clavicles. *New Zealand Journal of Archaeology*, 16: 85-91. <https://bit.ly/3tgw3D2>
- Papaioannou, V., Kranioti, E., Joveneaux, P., Nathena, D., & Michalodimitrakis, M. (2012). Sexual dimorphism of the scapula and the clavicle in a contemporary Greek population: applications in forensic identification. *Forensic Science International*, 217: 231e1- 231e7. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2011.11.010>.
- Ray, L. J. (1959). Metrical and non-metrical features of the clavicle of the Australian aboriginal. *American Journal of Physical Anthropolgy*, 17: 217-226. <https://doi-org.udea.lookproxy.com/10.1002/ajpa.1330170307>
- Rodríguez, J. V. (2004). *La Antropología Forense en la Identificación Humana* (1ra ed.). Universidad Nacional de Colombia. <https://bit.ly/45asyLU>

- Rosique, G. J., Gallego, P. A.; & Ospina, C. I. (2004). Determinación del sexo en cráneo y mandíbula en una muestra contemporánea de Medellín. Departamento de Antropología. Facultad de Ciencias Humanas. *Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. Maguaré*. 213-232. <https://dialnet-unirioja-es.udea.lookproxy.com/servlet/articulo?codigo=4862240>
- Scheuer, L., & Black, S. (2000). *Developmental Juvenile Osteology* (1ra ed.). Elsevier Academic Press.  
[http://www.academia.dk/BiologiskAntropologi/Osteologi/PDF/Juvenile\\_Osteology.pdf](http://www.academia.dk/BiologiskAntropologi/Osteologi/PDF/Juvenile_Osteology.pdf)
- Scheuer, L., & Black, S. (2004). *The Juvenile Skeleton* (1ra ed.). Elsevier Academic Press.
- Shirley, N., & Jantz, R. L. (2009). A Bayesian approach to age estimation in modern Americans from the clavicle. *Journal Forensic Sciences*, 55: 571-583. <https://bit.ly/3PX2S0Z>
- Singh, S., & Gangrade, K. C. (1968). El sexado de clavículas adultas: puntos de demarcación para la zona de Varanasi. *Journal of Anatomical Society of India*, 17:89-100.
- Spradley, M. K., Anderson, B. E., & Tise, M. L. (2015). Postcranial Sex Estimation Criteria for Mexican Hispanics. *Journal Forensic Sciences*, 60(S1): S27-S31, doi: 10.1111/1556-4029.12624.
- Spradley, M. K., & Jantz, R. L. (2011). Sex estimation in forensic anthropology: skull versus postcranial elements, *Journal Forensic Sciences.*, 56: 289-296. doi: 10.1111/j.1556-4029.2010.01635.x
- Steel, F. L. D. (1966). Further observations on the osteometric discriminant function, the human clavicle. *American Journal of Physical Antropology*, 25: 319-322. doi. 10.1002/ajpa.1330250312
- Terry, R. J. (1932). The clavicle of the American negro. *American Journal of Physical Antropology*, 16: 351-379. doi. 10.1002/ajpa.1330160315
- Tise, M. L., Spradley, M. K., & Anderson, B. E. (2013). Postcranial sex estimation of individuals considered Hispanic. *Journal Forensic Sciences*, 58: s9-s14. doi. 10.1111/1556-4029.12006.
- Trujillo-Mederos, A., & Ordoñez, A. C. (2011). Nociones básicas para la determinación del sexo y la edad en restos bioantropológicos. *Estrat Crític*, 6: 134-155. [https://ddd.uab.cat/pub/estcri/estcri\\_a2012n6/estcri\\_a2012n6p134.pdf](https://ddd.uab.cat/pub/estcri/estcri_a2012n6/estcri_a2012n6p134.pdf)
- White, T. D., Black, M. T., & Folkens, P. A. (2012). *Human Osteology* (3ra ed.). Academic Press. <https://emedicodiary.com/book/view/40/human-osteology>



**Anexos**

**Anexo 1**

*Medidas clavícula*

<b>Individuo/Medidas</b>	<b>Sexo</b>	<b>Longitud Máxima</b>	<b>Circunferencia Diáfisis</b>	<b>Diámetro Antero- Posterior</b>	<b>Diámetro Supero- Inferior</b>
CU001	Hombre	143	30	10	8,3
CU007	Hombre	145,7	29,3	9,5	10
CU009	Mujer	140,7	26	9	8
CU015	Hombre	144,3	36,3	12	11,5
CU017	Hombre	147,7	35	12	11
CU031	Hombre	140,7	30,3	9	10,5
CU045	Hombre	160,3	34,3	11	11
CU046	Hombre	149,7	42	13	11
CU053	Hombre	152,7	38	13	11
CU055	Hombre	158,7	38	11	12
CU058	Hombre	159	38	12,5	11
CU059	Hombre	162,3	35	13	10
CU066	Hombre	148,7	33,7	11	10,3
CU067	Mujer	136,7	27,3	8	9
CU091	Hombre	143	36	12	10
CU102	Hombre	140,7	41	13	11
CU103	Hombre	148	31,3	9,7	10,5
CU111	Hombre	149,3	36	11	12
CU121	Hombre	158	40	14	12

*Nota.* Medidas definitivas a utilizar

**Anexo 2**

*Longitud Máxima Clavícula (LMC)*

<b>Individuos</b>	<b>1ra. Medida</b>	<b>2da. Medida</b>	<b>3ra. Medida</b>	<b>Promedio</b>
CU001	143	143	143	143
CU007	146	145	146	145,666667
CU009	141	141	140	140,666667
CU015	145	145	143	144,333333
CU017	148	148	147	147,666667
CU031	141	141	140	140,666667
CU045	161	160	160	160,333333
CU046	150	149	150	149,666667
CU053	153	152	153	152,666667
CU055	158	159	159	158,666667
CU058	159	159	159	159
CU059	164	162	161	162,333333
CU066	148	149	149	148,666667
CU067	136	137	137	136,666667
CU091	143	143	143	143
CU102	141	140	141	140,666667
CU103	146.5	148	148	148
CU111	149	150	149	149,333333
CU121	158	158	158	158

*Nota.* Promedio general LMC

**Anexo 3**

*Diámetro Antero-Posterior Diáfisis (DAPD)*

<b>Individuos</b>	<b>1ra. Medida</b>	<b>2da. Medida</b>	<b>3ra. Medida</b>	<b>Promedio</b>
CU001	10	10	10.5	10
CU007	10.5	9	10	9,5
CU009	8	10	9.5	9
CU015	11.5	12	12.3	12
CU017	11.5	12	12	12
CU031	9.5	9.5	9	9
CU045	11	11	11.5	11
CU046	12.5	13	13	13
CU053	12	14	12.9	13
CU055	10	12	11.5	11
CU058	12	13	13.5	12,5
CU059	11.5	13	12.3	13
CU066	10.5	11	11	11
CU067	7	9	8	8
CU091	12	13.5	13.5	12
CU102	13	13	13	13
CU103	9	10	10	9,66666667
CU111	11	11.5	11	11
CU121	14	14.5	14.5	14

*Nota.* Promedio general DAPD

**Anexo 4**

*Diámetro Supero-Inferior Diáfisis (DSID)*

<b>Individuos</b>	<b>1ra. Medida</b>	<b>2da. Medida</b>	<b>3ra. Medida</b>	<b>Promedio</b>
CU001	9	8	8	8,33333333
CU007	10	8.5	10	10
CU009	8	8	8	8
CU015	11.5	11.5	10.8	11.5
CU017	10.5	11	10.5	11
CU031	10.5	10.5	10.5	10.5
CU045	11	11	11	11
CU046	11	11	11	11
CU053	12.5	11	10.4	11
CU055	12	12	12	12
CU058	10.5	11	11	11
CU059	10	10	9.4	10
CU066	11	10	10	10,3333333
CU067	9	9	9.5	9
CU091	10	10	10	10
CU102	11	11	11	11
CU103	10	11	10.5	10,5
CU111	11.5	11.5	12	12
CU121	12	11.5	12	12

*Nota.* Promedio general DSID

**Anexo 5**

*Circunferencia Diáfisis Clavícula (CDC)*

<b>Individuos</b>	<b>1ra. Medida</b>	<b>2da. Medida</b>	<b>3ra. Medida</b>	<b>Promedio</b>
CU001	30	30.5	29.5	30
CU007	28	30	30	29,3333333
CU009	27.5	26	26	26
CU015	37	36	36	36,3333333
CU017	35	35	34.5	35
CU031	27	32	32	30,3333333
CU045	35	34	34	34,3333333
CU046	42	37.5	37.5	42
CU053	39	37	38.5	38
CU055	38	38	38	38
CU058	38.5	38	38	38
CU059	35	35	35	35
CU066	34	34	33	33,6666667
CU067	27	27	28	27,3333333
CU091	35.5	37	35	36
CU102	41	41	41	41
CU103	32	31	31	31,3333333
CU111	36	36	36	36
CU121	40	40	40	40

*Nota.* Promedio general CDC