

**EVALUACIÓN DE LA ESTATURA A PARTIR DEL FÉMUR DE UNA MUESTRA DE  
INDIVIDUOS MADUROS ESQUELETIZADOS CONTEMPORÁNEOS DE LA CIUDAD  
DE MEDELLÍN-ANTIOQUIA.**

**VERÓNICA ARBOLEDA ARANGO**

**Trabajo de grado para optar por el título de:**

**ANTROPÓLOGA**

**Asesora**

**TIMISAY MONSALVE VARGAS, Ph.D**

**Antropóloga**

**Universidad De Antioquia**

**Facultad De Ciencias Sociales Y Humanas**

**Departamento De Antropología**

**Medellín**

**2018**

## **DEDICATORIA**

A la memoria de las víctimas del crimen organizado en Colombia

## AGRADECIMIENTOS

En esta tesis de grado quiero agradecer en primer lugar a la Dr. Timisay Monsalve, quien ha sido la persona que me ha acompañado durante este proceso de aprendizaje, muchas gracias profe por acogerme con sus conocimientos y compartirlos conmigo además de enseñarme la importancia de investigar con disciplina, la considero un ejemplo a seguir y me siento afortunada por contar con su apoyo durante mi proceso de formación.

También quiero dar gracias a mis padres María Elena Arango, Francisco Javier Arboleda, Luis Fernando González y a mi hermanito Juan Fernando González que han sido mi motor y me han apoyado incondicionalmente toda mi vida apoyando mis sueños y ayudándome a que se hagan realidad.

Agradezco a mi abuela Georgina Gómez que me acogió en su hogar desde mi llegada a Medellín brindándome la tranquilidad característica de un amor de abuela.

Quiero agradecer a la profesora María Eugenia Castañeda perteneciente al Instituto de matemáticas, quien con su amplio y valioso conocimiento estadístico me permitió tener un mejor acercamiento a mis datos.

Finalmente agradezco a memo que con su amor perruno fue mi mayor compañía en el proceso de escritura del presente trabajo.

## RESUMEN

En el marco del conflicto armado en Colombia ha surgido la necesidad básica para la identificación de personas realizar una caracterización de la población con el fin de crear estándares propios para tales fines. La antropología forense se encarga de reconstruir el perfil biológico de los individuos, la estatura es uno de los criterios que hacen parte de dicho perfil; por lo tanto el objetivo principal de este trabajo fue evaluar la variabilidad poblacional que se presenta en la estatura en una muestra de 27 individuos maduros esqueletizados (20 hombres y 7 mujeres) con edades comprendidas entre los 19 y 50 años pertenecientes a la colección de referencia del Laboratorio de Antropología Osteológica de la Universidad de Antioquia, para tal fin primero se estimó la estatura de los individuos usando las dos fórmulas de regresión propuestas por Mendonça (2000) para el fémur, se midieron la longitud fisiológica del fémur y la longitud perpendicular del fémur y estas fueron tomadas con un osteometro.

Los datos fueron procesados a través del software SPSS 24.0 en donde las medidas fueron consideradas como muestras independientes para el análisis estadístico hallando que estas no arrojan un promedio igual para la talla, estadísticamente significativo por lo que se demostró que es indiferente la fórmula que se use para estimar la estatura. La principal conclusión que arrojó el trabajo durante el análisis estadístico es que la muestra presenta gran variabilidad en la estatura y se manifiesta a través de un marcado dimorfismo sexual entre sexos.

### **Palabras claves:**

Variabilidad en la estatura; Estimación de la estatura; El fémur; Osteología humana; Métodos matemáticos.

## **ABSTRACT**

In the framework of the armed conflict in Colombia, the basic need for the identification of people has arisen to carry out a characterization of the population in order to create their own standards for such purposes. Forensic anthropology is responsible for reconstructing the biological profile of individuals, stature is one of the criteria that make part of this profile; therefore, the main objective of this work was to evaluate the population variability presented in the figure in a sample of 27 skeletonized mature individuals (20 men and 7 women) aged between 19 and 50 years belonging to the collection of Reference of the Laboratory of Osteological Anthropology of the University of Antioquia, so that first the stature of the individuals can be estimated with the regression formulas by Mendonça (2000) for the future, the physiological length of the femur and the perpendicular length of the femur should be measured and these were taken with an osteometer.

The data were processed through the software SPSS 24.0 where the measurements were considered as independent samples for the statistical analysis finding that they do not yield an equal average for the stature, statistically significant reason why it was shown that the formula used is indifferent to estimate the height. The main conclusion that the work showed during the statistical analysis is that the sample shows great variability in the stature and manifests itself through a marked sexual dimorphism between sexes.

### **Keywords:**

Variability in height; Estimating height; The femur; Human osteology; Mathematical methods.

## ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN.....	12
2. ANTECEDENTES .....	15
2.1. Dimorfismo sexual.....	17
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	19
3.1. Objetivos .....	20
3.2. Hipótesis de investigación:.....	20
3.3. Justificación.....	21
4. CAPÍTULO TEÓRICO .....	23
4.1. CAPÍTULO I.....	23
4.1.1. Crecimiento del esqueleto.....	23
4.1.2. Estructura del Tejido Óseo.....	25
4.2. CAPITULO II .....	27
4.2.1. La variabilidad y la biología ósea .....	27
4.2.2. La variabilidad en la estatura .....	28
4.2.3. Plasticidad en el crecimiento .....	32
4.3. CAPÍTULO III .....	35
4.3.1. Crecimiento longitudinal .....	35
4.3.2. La estatura como variable en la identificación forense.....	36
4.4. CAPÍTULO IV .....	41

4.4.1. El Fémur.....	41
5. CAPITULO METODOLÓGICO .....	44
5.1. Descripción de la muestra .....	44
5.2. Variables.....	44
5.3. Descripción de las variables independientes y métodos de medición.....	46
5.4. Instrumentos de medición .....	50
5.5. Fórmulas matemáticas por sexo .....	50
5.5.1. Explicación de formula.....	51
5.5.2. Tablas de consulta.....	52
5.6. Análisis estadístico.....	55
6. RESULTADOS .....	57
7. DISCUSIÓN .....	72
8. CONCLUSIONES.....	76
9. BIBLIOGRAFÍA.....	78
10. ANEXOS.....	84

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Operacionalización de variables.....	45
<b>Tabla 2.</b> Tabla de consulta para el sexo femenino.....	53
<b>Tabla 3.</b> Tabla de consulta para el sexo masculino.....	54
<b>Tabla 4.</b> Estadísticos descriptivos para ambos sexos por cada variable.....	58
<b>Tabla 5.</b> Estadísticos descriptivos para el sexo femenino.....	58
<b>Tabla 6.</b> Estadísticos descriptivos para el sexo masculino.....	59
<b>Tabla 7.</b> Distribución de frecuencias para ambos sexos en grupos de talla.....	60
<b>Tabla 8.</b> Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para la variable Talla (cm).....	62
<b>Tabla 9.</b> Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para la variable Talla (cm).....	63
<b>Tabla 10.</b> Estadísticas de grupo para las variables Talla (cm) LFF y Talla (cm).....	63
<b>Tabla 11.</b> Prueba de Levene para igualdad de varianzas para las variables Talla (cm) LFF y Talla (cm) LPF .....	64
<b>Tabla 12.</b> Prueba t de <i>student</i> para igualdad de medias.....	64
<b>Tabla 13.</b> Estadísticas de grupo para la variable sexo.....	65
<b>Tabla 14.</b> Prueba de Levene para igualdad de varianzas en los grupos de sexo .....	65
<b>Tabla 15.</b> Prueba t de <i>student</i> para igualdad de medias en la variable sexo.....	66
<b>Tabla 16.</b> Matriz de correlaciones para todas las variables.....	67
<b>Tabla 17.</b> R cuadrado para longitud fisiológica del fémur.....	68
<b>Tabla 18.</b> Análisis de varianza para la longitud fisiológica del fémur.....	68



<b>Tabla 19.</b> Coeficientes del análisis de regresión.....	69
<b>Tabla 20.</b> R cuadrado para la longitud perpendicular del fémur.....	70
<b>Tabla 21.</b> Análisis de varianza para longitud perpendicular del fémur.....	70
<b>Tabla 22.</b> Coeficientes del análisis de regresión.....	71
<b>Tabla 23.</b> Ficha de registro de datos.....	84

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Fémur derecho. Vista anterior (izquierda) y vista posterior (derecha).....	43
<b>Figura 2.</b> Longitud fisiológica del fémur y longitud perpendicular del fémur.....	47
<b>Figura 3.</b> Método de Phenice para la estimación del sexo.....	49
<b>Figura 4.</b> Muestra general separada por sexos y por grupos de talla.....	60
<b>Figura 5.</b> Prueba de normalidad para la Talla estimada a partir de la Longitud Fisiológica del Fémur.....	61
<b>Figura 6.</b> Prueba de normalidad para la Talla estimada a partir de la Longitud Perpendicular del Fémur.....	62
<b>Figura 7.</b> Diagrama de dispersión de la Talla (cm) LFF y la LFF por sexos.....	69
<b>Figura 8.</b> Diagrama de dispersión de la Talla (cm) LPF y la LPF por sexos.....	71

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

**mm** – milímetros

**cm** – centímetros

**LFF** - longitud fisiológica del fémur

**LPF** – longitud perpendicular del fémur

## 1. INTRODUCCIÓN

“Los huesos hablan y cuentan su historia”

José Vicente Rodríguez

En Colombia la desaparición forzada comenzó a practicarse a mediados de los años 70 del siglo XX y solo se convirtió en un delito penal en el año 2000, aun así esto no significó su disminución (GRUPO, D. M. H., 2014). Segura y Ramírez. (2016) plantean que “según la información disponible en el sitio web del Registro Único de Víctimas (RUV), existen en Colombia -a abril de 2016- 45.854 víctimas directas del delito de desaparición en el marco del conflicto armado” (Segura, J. & Ramírez Páez, D., 2016: 655).

En la actualidad el país necesita investigaciones que amplíen el panorama sobre la caracterización de la población para así facilitar los procesos de identificación ya que es bien sabido que se cuenta con amplias falencias en el uso de métodos para la identificación de personas, pues en Colombia la identificación de personas se ve no solo entorpecida por la intensidad del conflicto armado sino también por la carencia de datos bioantropológicos existentes para poblaciones contemporáneas (Isaza, 2014).

La antropología forense se ocupa del análisis de restos óseos humanos que resultan de muertes inexplicables (Byes, 2005 citado en Chibba & Bidmos, 2007) y surgió de la necesidad de evaluar las características de estos restos. Dayal, et al. (2008) plantean que el objetivo tradicional de la antropología forense es identificar restos humanos una vez han sido esqueletizados, así mediante el uso de diferentes técnicas la identificación de los individuos se puede establecer a partir del análisis de sus huesos (Chibba & Bidmos, 2007). Es de suma importancia tener en cuenta que, en el estudio de los restos óseos los antropólogos deben tener el conocimiento de la variación específica de la población que se estudia con el fin de poder identificar con mayor certeza a cualquier individuo desconocido (İşcan, 1995).

En la identificación forense, en primer lugar se determina el perfil biológico de los individuos. Estas características individualizantes se refieren al sexo, a la edad, la estatura y la ascendencia. Evaluar la variabilidad en la estatura fue el principal objetivo de este trabajo; la estatura se considera exclusiva de la especie humana, por cuanto los otros animales no asumen una postura erguida habitual fisiológica, sus dimensiones dependen de varios

segmentos como el cefálico, el raquídeo, pelviano y de las extremidades inferiores, cada uno contribuye a la talla del individuo de acuerdo a la edad, el sexo, los ancestros, las condiciones socioeconómicas y psicosociales, y finalmente las tendencias seculares (Rodríguez, 2011).

Debido a que las poblaciones humanas difieren morfológicamente en relación con el tamaño las fórmulas de identificación deben personalizarse para cada población (Brits, et al. 2017; Ross, et al. 2011; Stevenson, 1929) dada la variación poblacional que se presenta entre los diferentes grupos y que hace que la relación entre estatura y la longitud del hueso largo puedan diferir entre poblaciones (Hens, et al. 2000); Por lo tanto se han realizado esfuerzos continuos por desarrollar estándares específicos de población para estimar la estatura (Jeong & Jantz, 2016). İşcan & Olivera (2000) plantean que es de suma urgencia que los estándares para las poblaciones de Latinoamérica se desarrollen colectivamente para que el análisis de los restos óseos pueda ser más confiable.

El presente trabajo fue realizado en la colección de referencia del laboratorio de Antropología Osteológica de la Universidad de Antioquia, en una muestra ósea perteneciente al departamento de Antioquia –Colombia, se utilizaron las fórmulas de regresión propuestas por Mendonça (2000) a partir de las mediciones de los huesos largos de cadáveres frescos en disección de una población portuguesa donde la autora midió la estatura total de los cadáveres y luego la longitud de los huesos largos, con estos datos pudo hacer los respectivos análisis estadísticos para estimar el coeficiente de correlación ( $r$ ) para luego proponer unas fórmulas de regresión con un intervalo de confianza del 95% que permitieron estimar la estatura a partir del fémur y evaluar la variabilidad poblacional.

En las siguientes páginas del presente escrito se podrá encontrar una breve historia sobre los métodos que se han usado para la estimación de la estatura y cuales han sido los principales investigadores que han trabajado en ellos, además de algunos de los aportes más importantes a tener en cuenta en la reconstrucción de la estatura.

Consiguientemente se plantean los objetivos de la investigación junto con las hipótesis principales del trabajo, y se da una breve justificación acerca de la necesidad que existe de caracterizar a la población colombiana y como identificar la variabilidad en la estatura puede contribuir a esta caracterización.

En el capítulo teórico se plantean los principales conceptos que fueron de suma importancia a la hora de realizar el trabajo de tesis: el capítulo I describe como crece el esqueleto y la estructura del tejido óseo; el capítulo II define como se entiende la variabilidad, como se manifiesta en el perfil biológico de los individuos y en especial como se manifiesta esta variabilidad en la estatura además de cómo influyen los factores genéticos y ambientales en la misma; en el último capítulo se define lo que se entiende como crecimiento longitudinal además de como la estatura es un aporte en la identificación forense, también se describe como crece el fémur y la correlación que presenta con la estatura, por último se mencionan algunas investigaciones que se han hecho para estimar la estatura partir de los huesos largos.

Finalmente, en el capítulo metodológico se describe con mayor detalle todos los procedimientos realizados durante el trabajo, como lo es la muestra, los materiales de medición, los métodos empleados para estimar la estatura y el sexo, y los respectivos análisis estadísticos que se aplicaron a los datos obtenidos durante la recolección de la información.

## 2. ANTECEDENTES

La estatura como una de las cuatro características demográficas que hace parte del perfil biológico en la antropología forense puede contribuir a la identificación o exclusión positiva de un individuo desconocido por esta razón se evalúa de forma rutinaria durante el análisis de los restos óseos (Brits, et al. 2017). Los intentos científicos por estimar la estatura a partir de los restos esqueléticos cuentan con una larga historia y en general se han seguido dos enfoques principales:

El método matemático consiste en medir la longitud de una o varias combinaciones de huesos largos y usar esto para predecir la estatura y en segundo lugar está el método anatómico en el cual se usa el esqueleto completo donde se suman todas las alturas de los segmentos óseos que contribuyen a la estatura (Isçan & Steyn, 2013) a saber, los segmentos medidos son el cráneo, la vertebras, el fémur ,la tibia, el astrágalo y el calcáneo (Dayala,et al. 2008; Chibba & Bidmos, 2007 ) y a esto se le suma el valor que compensa los tejidos blandos para así estimar la talla. Se ha planteado que la inclusión de la altura de todos los huesos que contribuyen a la talla, elimina las imprecisiones introducidas por diferentes proporciones corporales, que es una de las principales fuentes de error del método matemático (Brits, et al. 2017).

En 1894, Dwight introdujo el método anatómico, donde estimo la altura esquelética total midiendo todos los elementos que constituyen la altura, este método fue reintroducido por Fully y hoy se le conoce como el método completo o anatómico, al estimar la estura mediante este método se ha considerado que se puede usar en cualquier tipo de población con los factores de corrección de los tejidos blandos que son comunes a todas las poblaciones (Dayala, et al. 2008), sin embargo se le asocia un nivel de imprecisión asociado con las descripciones de cómo medir los huesos, así pues en una revisión del método Raxter et al. (2006) abordaron estas cuestiones y proporcionaron explicaciones y descripciones de cómo medir los segmentos individuales y también proporcionaron nuevos factores de corrección de los tejidos blandos ya que los propuestos por Fully subestimaban la estatura (Baines, et al. 2016).

Esta versión revisada del método anatómico ha sido utilizada para desarrollar o evaluar fórmulas de regresión en investigaciones en las que no se cuenta con una documentación certera de la estatura en vida de los individuos pertenecientes a las muestras (Brits, et al. 2017), sin embargo la mayor limitación para utilizar este método en otro tipo de contextos como el arqueológico o el forense, es la incidencia de elementos óseos faltantes además se haya una serie de factores que contribuyen en la preservación de los restos humanos (Auerbach, 2011; Jeong & Jantz, 2016). Dada esta situación es que se recurre con mayor frecuencia al uso de los métodos matemáticos.

Entre los pioneros en el estudio de la estimación de la estatura basada en los restos óseos se encuentra a Sue quien en el año 1755 presento algunas conclusiones sobre la proporcionalidad del esqueleto humano según el estudio que realizo en 14 cadáveres de diferentes edades; más tarde en 1821 Orfila hizo un estudio midiendo diez esqueletos y 51 cadáveres de Paris de individuos franceses y publico las que se consideran las primeras tablas de determinación de la estatura a partir de los huesos largos (Belmonte, 2013).

En 1888 Rollet publicó las primeras tablas sobre la estatura utilizando el humero, el radio, el cubito, el fémur, la tibia y el peroné en una muestra de 50 hombres y 50 mujeres de cadáveres franceses, midiendo los huesos en estado fresco y luego en estado seco, para este momento habían perdido 2 milímetros de longitud. En 1892 y 1893, Manouvrier revaluó los datos de Rollet y excluyo a todos los sujetos mayores de 60 años ya que Manouvrier planteaba que a partir de esta edad, estos perdían unos 3 centímetros de estatura (Isçan & Steyn 2013). En sus cálculos también tomo en consideración las diferencias en las proporciones de las extremidades y la talla en función del cuerpo así como la influencia de ciertos procesos en la longitud del mismo, además fue el primero en afirmar que la estatura es una función de la longitud de los huesos largos (Hauser, et al. 2005).

Sin embargo estos autores calculaban estas medidas como parte de sus investigaciones sobre las proporciones corporales en poblaciones humanas pero ninguno las uso con fines de calcular la estatura (Feldesman, et al. 1990). Ya para 1899 utilizando los datos de Rollet, Pearson realizo el primer intento de predecir la estatura a partir de las mediciones de los huesos largos (Stevenson, 1929) y desarrollo fórmulas de regresión, basadas en los huesos del lado derecho y también estableció reglas básicas para su reconstrucción, que aún siguen



siendo vigente. Desde entonces se han publicado varias ecuaciones que usan una amplia variedad de huesos para predecir la estatura en vida (Işcan & Steyn 2013). Este método es un modelo matemático predominante también conocido como calibración inversa en donde se usa la regresión estadística (Moore, M. K. & Ross, A. H. 2012). En 1937, Breitinger propuso un método adicional para calcular la estatura a partir de las mediciones de los huesos largos, realizó sus estudios entre los habitantes de Europa Central utilizando medidas realizadas sobre sujetos vivos, empleando radiografías para este propósito (Hauser, et al. 2005).

Sjovod (2000) citado en Işcan & Steyn, (2013) señala que para desarrollar fórmulas que estimen la estatura, el investigador por lo menos debe tener una idea de la longitud del hueso en particular y por otra parte la talla real del mismo individuo y que hay cinco tipos de “material de origen” que puede usarse para derivar dichas ecuaciones:

- Datos donde se conoce la estatura real del individuo, y donde los huesos del esqueleto están luego disponibles para calcular su contribución a la estatura total en vida.
- Material de salas de disección, donde están disponibles las longitudes de los cadáveres y más tarde los esqueletos están disponibles para el estudio.
- Materiales somatométricos con individuos vivos, donde se mide la estatura del individuo, así como la longitud de sus extremidades.
- Materiales somatométricos usando rayos X, en donde en lugar de medir al individuo y sus extremidades directamente, se miden desde las radiografías
- Métodos donde la estatura se estima utilizando a altura total esquelética.

## **2.1. Dimorfismo sexual**

Aunque los niveles humanos de dimorfismo sexual son bajos en comparación con otras especies de primates, los machos y hembras humanos parecen esqueléticamente muy diferentes (Ross, et al. 2011) consiguientemente por lo general la estatura es altamente dimórfica, y además está influenciada por factores genéticos y ambientales por lo que las proporciones corporales difieren entre grupos étnicos, y es por esta razón que se plantea la necesidad de derivar fórmulas de estimación de estatura para los diferentes grupos de población y de sexo.

Trotter y Gleser (1952, 1958) fueron pioneros en el desarrollo de fórmulas específicas de raza y sexo (Feldesman, 1992) desarrollaron ecuaciones de regresión a partir de los huesos individuales de una población de estadounidenses blancos y negros utilizando los seis huesos largos principales de las dos extremidades, la longitudes máximas de cada uno y la correlación con la estatura; con su investigación demostraron que los huesos largos de las extremidades inferiores arrojan resultados más confiables que los huesos largos del miembro superior (Baines, et al. 2016).

Trotter y Gleser también crearon fórmulas de regresión para estadounidenses de origen mexicano, puertorriqueño y asiático luego de estos importantes estudios en adelante gran variedad de autores trabajaron en diferentes regiones del mundo para generar estándares para estimar la estatura, así Youngbrook desarrollo fórmulas de regresión para los británico y los africanos orientales en 1961; Oliver para hombres y mujeres franceses en 1963; Yunghao y colegas para chinos en 1979, Ross y Konigsbert proporcionaron fórmulas para la estimación de la estatura de Balcanes; Auerbach y Ruff calcularon fórmulas de regresión para los indígenas de América del Norte (Krishan, K., & Kanchan, T. 2013).

En consecuencia los antropólogos forenses, los arqueólogos y los paleontólogos han basado las estimaciones de la estatura en ecuaciones de regresión específicas de raza y género (Feldesman, 1992), las fórmulas de regresión derivadas de los principales huesos largos por lo general, han sido consideradas más precisas que las que utilizan otros huesos y los huesos largos que se han estimado con mayor proporción en la estatura son el fémur y la tibia (Dayala, et al. 2008; Baba, et al. 2016)

A su vez el fémur es el preferido por algunos autores para la estimación individual en los grupos caucasoide y la tibia para grupos negroide, en virtud de las diferencias que presentan en la proporción de los segmentos de la pierna, ya que la tibia es la que tiene mayor longitud en el grupo negroide y en los amerindios la proporción pierna/muslo tiene mayor longitud (Rodríguez, 1994).

### 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En la antropología forense la estatura es un criterio biológico de gran importancia en la reconstrucción del perfil de individuos fallecidos que no han sido identificados además este es un indicador demográfico cada vez más importante en la búsqueda de personas desaparecidas (Konigsberg et al., 2006). Sin embargo para la estimación de la estatura no existe un método métrico universal, dada la naturaleza de la variación en que se presenta entre poblaciones.

La estatura de un individuo la determinan factores internos- genéticos, grupo étnico, sexo, edad, constitución, etc.- y externos -nutrición, clima, grupo social, medio ambiente, tiempo durante el día, etc.-, razón por la cual, estos factores deben ser principalmente considerados en los estudios sobre la estatura (Krenzer. 2006), ya que son estos los que originan diferentes patrones de variación en las poblaciones, variación que en Colombia ha sido poco estudiada. En la actualidad no hay estándares establecidos para la reconstrucción del perfil biológico de colombianos contemporáneos y para estimar la estatura en casos forenses normalmente se recurre a fórmulas de poblaciones que por lo general no reflejan con real precisión la variabilidad poblacional colombiana que presenta alto grado de mestizaje (Moore, M. K. & Ross, A. H. 2012) lo que dificulta los procesos de identificación.

Este trabajo de tesis tiene como fin aplicar un método en la reconstrucción de la estatura, que sea de utilidad para la identificación de personas en contextos legales y un aporte para la caracterización poblacional. Por ende la pregunta que se plantea esta investigación es:

¿Cómo se manifiesta la variabilidad poblacional de la estatura en una muestra de individuos maduros esqueletizados de la ciudad de Medellín – Antioquia?

### 3.1. Objetivos

Para llevar a cabo el presente trabajo de tesis se plantearon los siguientes objetivos:

#### **Objetivo general**

Evaluar la variabilidad poblacional de la estatura a partir del fémur en individuos maduros esqueléticos de la ciudad de Medellín-Antioquia.

#### **Objetivos específicos**

- Aplicar el método métrico de Mendonça (2000) para estimar la estatura a partir del fémur de individuos de sexo y edad conocidos.
- Analizar la variación individual que se presenta en la estatura a partir del fémur de la muestra seleccionada.
- Realizar los respectivos análisis estadísticos con los datos obtenidos que arroje el método aplicado.

### 3.2. Hipótesis de investigación:

Las hipótesis planteadas son las siguientes:

$$H_0: \mu = \mu$$

$$H_1: \mu \neq \mu$$

En la hipótesis nula se plantea la idea de que no existe una variabilidad en la estatura para la talla de los individuos pertenecientes a la muestra por el contrario en la hipótesis alternativa se plantea la idea de que si existe una variabilidad en la muestra de referencia entre los grupos de sexos y entre los individuos.

El alcance del presente trabajo es contribuir con la caracterización de la población colombiana en relación a la estatura, y de este modo evidenciar cual es la variabilidad que se presenta en esta característica y como puede manifestarse también el dimorfismo sexual en la

talla de los individuos. Este proyecto permite un mayor acercamiento a la población que se quiere estudiar, ya que el contexto de violencia que Colombia ha vivido requiere como necesidad básica conocer a su población.

### **3.3. Justificación**

En la actualidad hay grandes falencias en la construcción de sistemas de identificación y este es uno de los principales motivos por los que se han adelantado investigaciones en procesos de identificación de personas, siendo este un arduo trabajo ya que “la identificación es un proceso comparativo y reconstructivo tendiente a ubicar a una persona desconocida dentro de un universo biosocial conocido. Ese universo es simplemente un conjunto de individuos que comparten un territorio, un origen común y unas características morfométricas y genéticas afines. Este contexto biosocial o población de referencia representa la base del proceso de identificación” (Rodríguez, 2011:16).

Siguiendo este planteamiento, como se ha demostrado en la literatura antropológica la especie humana es muy variada y esta variación tiene un efecto en la identificación (İşcan & Olivera, 2000). En Colombia no se ha estudiado lo suficiente la variabilidad poblacional, inclusive la existente entre las diferentes regiones, situación que dificulta los procesos de identificación, lo que por ende demuestra la necesidad de ampliar los estándares que se han usado hasta el momento.

Los antropólogos físicos han reconocido la importancia de estudiar el tamaño corporal y sus impactos sobre los organismos vivos (Hens, et al. 2000); la estatura forma parte de uno de los pasos más importantes en la reconstrucción del perfil biológico de un individuo y la longitud de los huesos largos tiene una relación definitiva con altura total de un individuo (Villanueva-Cañadas, et al. 1991 citado en Mendonça, 2000). Por esta razón desde comienzos de este siglo han surgido a nivel mundial numerosos estudios con el fin de mejorar la reconstrucción de la estatura a partir de los huesos largos por medio de métodos matemáticos (Mendonça, 2000). Por otra parte Totter y Gleser determinaron que la extremidad inferior es

más fiable que la extremidad superior (Trotter y Gleser, 1958 citados en Moore & Ross, 2012).

En cuanto a Colombia se a expuesto que es un país predominantemente mestizo con dos variaciones reconocidas – mestizo andino y mestizo costeño- siendo predominante el componente europeo (Rodríguez, 2011). Dadas estas condiciones el hueso que al parecer es el más apropiado para el cálculo de la estatura es el fémur, lo cual se relaciona con las proporciones corporales que “manifiesta la mezcla de grupos indígenas con tronco largo y piernas cortas y españoles de tronco corto y piernas largas” (Rodríguez, 2011:269)

En conclusión la antropología forense se ha convertido en un campo que no solo se preocupa por la identificación humana sino también por la evaluación de la variación de la especie y la estatura puede predecirse mejor si se utilizan diferentes técnicas y materiales (İşcan, 2005). Con lo anteriormente planteado este trabajo de tesis ve que una de las necesidades principales que tiene el país en relación a la identificación de personas es profundizar sobre la caracterización poblacional, además de la necesidad de ampliar el panorama acerca de la variación; Rodríguez (2011) plantea que todas estas oportunidades académicas beneficiaran las investigaciones sobre la diversidad poblacional con el fin de establecer patrones de variación esenciales para la identificación humana.

## **4. CAPÍTULO TEÓRICO**

### **4.1. CAPÍTULO I**

#### **4.1.1. Crecimiento del esqueleto**

En su desarrollo temprano el esqueleto es flexible, pero la osificación comienza antes del nacimiento, los elementos visibles del esqueleto temprano se componen principalmente de cartílago que a diferencia del tejido óseo es flexible y avascular en el adulto (White, 2011). Todos los huesos del cuerpo se desarrollan partir de células mesenquimales, pero dependiendo de su función, ubicación y forma pueden desarrollarse por medio de uno de los dos procesos diferentes de osificación. La osificación intramembranosa es el proceso por el cual los huesos planos se desarrollan, ésta consiste en una diferenciación de las células mesenquimales en osteoblastos que forman directamente hueso (Lai & Mitchell 2005).

El segundo proceso se refiere a la osificación endocondral que es la base del crecimiento longitudinal de los huesos largos y es el procedimiento en el que los esbozos de cartílago del esqueleto son sustituidos por hueso. Este proceso implica la formación de un cartílago primordio y de una la placa de crecimiento, en la cual los condrocitos inicialmente se someten a la proliferación y a una serie de etapas de diferenciación y secretan una plantilla de cartílago que finalmente se sustituye por hueso (Olsen et al., 2000). Los esbozos del esqueleto se alargan y amplían por la proliferación de los condrocitos y la deposición de la matriz del cartílago. Los condrocitos se someten a una maduración adicional de condrocitos hipertróficos y sintetizan la matriz extracelular, los factores angiogénicos que secretan los condrocitos hipertróficos inducen a la formación de nuevos vasos sanguíneos desde el pericondrio; así es como se forma el centro de primario osificación (Gosman, 2012).

A saber, el cartílago hialino es el precursor de los huesos que se desarrollan por osificación endocondral, en principio la mayoría de los huesos largos están representados por modelos cartilaginosos que se asemejan a su morfología del hueso adulto. Durante el proceso

de desarrollo en el que el cartílago es remplazado por hueso, el cartílago residual de la parte distal y proximal del hueso sirve como lugares de crecimiento- denominados placas de crecimiento epificiarias- y este cartílago permanece funcional mientras el hueso crezca en longitud (Ross & Pauwlin, 2006).

Consiguientemente dentro del centro primario de osificación la matriz de los condrocitos hipertróficos se degrada, estos sufren apoptosis y los osteoblastos remplazan el cartílago que desaparece con el hueso trabecular, la medula ósea también se forma durante este proceso y al mismo tiempo en el pericondrio los osteoblastos forman un collar de hueso compacto alrededor de la diáfisis del cartílago.

Luego, en los extremos del cartílago se forman los centros secundarios de osificación que darán lugar a las epífisis; los centros secundarios aparecen en diferentes edades en varios sitios del esqueleto, incluso las edades de aparición pueden variar entre individuos, sin embargo los centros secundarios aparecen después del nacimiento (Carter & Beaupré, 2007), en este proceso se forma la placa de crecimiento de cartílago entre las epífisis y la diáfisis y es así como los resultados del crecimiento lineal del hueso largo se dan por la placa de crecimiento en una secuencia coordinada de proliferación de condrocitos, hipertrofia y apoptosis (Gosman, 2012). El crecimiento del hueso se adquiere por división celular, un aumento en la cantidad de matriz extracelular y un aumento en el tamaño de las células; en la fase final del crecimiento las células se hipertrofian y van muriendo a medida que la matriz extracelular se calcifica, entonces la matriz del cartílago calcificado es reabsorbida y remplazada por tejido óseo (Carter & Beaupré, 2007).

Este es el proceso en el cual se crea el marco inicial del hueso trabecular y en parte la base de la posterior morfología del adulto, la cual requiere una modelación y remodelación constante del tejido óseo para formar las estructuras complejas de los huesos en desarrollo (Gosman, 2012).

El crecimiento endocondral y la osificación de los huesos largos coexiste con el crecimiento pericondral y periosteal de hueso aposicional. Así luego de que el cartílago se



mineraliza, es reabsorbido y remplazado por hueso, el crecimiento óseo adicional se da por aposición osteoblastica en las superficies mineralizadas, dicha aposición es el mecanismo principal para aumentar la circunferencia de los huesos largos durante el desarrollo, de este modo la diáfisis se ensancha por aposición externa sobre superficies periosteales y reabsorción interna en las superficies endosteales; en este proceso se forma la medula ósea (Carter & Beaupré, 2007). En los huesos largos típicos la tasa de crecimiento endocondral longitudinal es aproximadamente seis veces mayor que la tasa de crecimiento transversal (Carter & Beaupré, 2007); aun así, el crecimiento periostal del esqueleto continua a lo largo de toda la vida.

#### **4.1.2. Estructura del Tejido Óseo**

Los huesos funcionan como componentes esenciales del sistema musculoesquelético, sirven para proteger y apoyar los tejidos blandos, para anclar los músculos, los tendones y los ligamentos; además también cumplen la función de palancas rígidas que los músculos operan para producir el movimiento. Los huesos también actúan como centros fisiológicamente críticos para la producción de células sanguíneas, como depósitos de grasa y de elementos como el calcio, en consecuencia, el hueso como tejido se adapta a estas funciones. Por otra parte el hueso permite el crecimiento durante la ontogenia y debido a las células que residen en su interior su morfología puede ser alterada a lo largo del ciclo vital, del mismo modo la forma y el tamaño de éstos también puede variar drásticamente entre los individuos (White, 2011).

A su vez, los huesos son los órganos del sistema esquelético y el tejido óseo es el componente estructural del hueso. El tejido óseo se divide en hueso esponjoso y compacto, y como los huesos se clasifican según su forma entonces la localización del hueso esponjoso y compacto varía según la forma que tenga el hueso (Ross & Pawlina, 2006). El hueso compacto es sólido, los únicos espacios que posee son para los osteocitos, canaliculos, vasos sanguíneos y las cavidades de erosión. El hueso esponjoso es una malla esponjosa compuesta de trabéculas y su estructura varia de tres maneras: en su estructura de escala fina, en su

estructura a gran escala y en su porosidad; la porosidad es la proporción del volumen total que no está ocupado por tejido óseo y normalmente está lleno de medula ósea y vasos sanguíneos, la diferencia entre ambas clases de hueso es perceptible a simple vista (Currey, 2002).

También existen dos tipos histológicos microscópicos de hueso que se dan tanto en el hueso compacto como en el esponjoso, son el hueso no laminar o inmaduro y el hueso laminar o maduro. El hueso no laminar se distingue por la disposición de fibras de colágeno tipo I que se organizan al azar y de forma irregular lo que ocasiona un hueso mecánicamente débil (Currey, 2002), el hueso inmaduro se desarrolla en la etapa embrionaria, su existencia es usualmente temporal, ya que es reemplazado con hueso maduro a medida que el crecimiento continúa; este tipo de hueso es filogenéticamente más primitivo en términos evolutivos (White, 2011).

El hueso maduro se dispone más precisamente y se deposita de una forma más lenta que el hueso no laminar (Boyde, 1980 en Currey 2002; White ,2011 ), se compone de unidades cilíndricas llamadas osteones o sistemas de Havers, que consisten en láminas concéntricas de matriz ósea que rodean el canal osteonal que contiene el suministro vascular y nervioso del osteon, el sistema de canalículos que abre al canal osteonal también sirve para el paso de sustancias entre los osteocitos y los vasos sanguíneos, es debido a esta organización que el hueso maduro también se conoce como hueso laminar (Ross & Pauwlin, 2006). El sistema de Havers es el resultado clásico del proceso de remodelación ósea (Currey, 2002).

Los segmentos compactos y trabeculares de los huesos adultos están compuestos de tejido óseo laminar a causa de su estructura ordenada y organizada producida por la adición repetida de laminillas uniformes a las superficies óseas durante el crecimiento aposicional (White, 2011), de este modo el hueso esponjoso maduro es similar a la estructura del hueso compacto maduro exceptuando que el tejido se dispone como trabéculas (Ross & Pauwlin, 2006).

## 4.2. CAPITULO II

### 4.2.1. La variabilidad y la biología ósea

“Por variaciones físicas se entienden las de tipo morfológico, fisiológico, genético y, en ocasiones, conductual; además de que se estudian en su desarrollo ontogénico y filogenético” (Sandoval, 1982:34). Tomando esta definición, la información derivada de muchos esqueletos puede ser utilizada en la reconstrucción de la biología de la población y el estudio de los diversos elementos de un solo esqueleto puede usarse para esclarecer los aspectos biológicos de un individuo (White, 2011), en definitiva la variabilidad puede expresarse a nivel individual y poblacional. La variación en el esqueleto se presenta en cuatro factores principales: en la edad, en el sexo, la filiación poblacional y la estatura.

Con respecto a la edad, se atribuyen una serie de cambios en la forma y tamaño de las proporciones corporales que se observan a lo largo del ciclo vital humano, por ejemplo en los restos juveniles las longitudes de los huesos largos son muy variables comparando las diferentes edades, y tan pronto como se alcanza la edad adulta el crecimiento y desarrollo cesan, los cambios asociados con la degeneración comienzan aparecer a medida que el individuo envejece (İşcan & Steyn, 2013), alterando la forma y estructura de los diferentes tejidos. Estos procesos degenerativos producen una disminución relativa en la estatura, atribuida a los cambios en la columna vertebral por el aplastamiento de los discos intervertebrales y un aplanamiento en de los cuerpos de las vértebras dando mayor curvatura a la columna (Trotter & Gleser, 1951). Hay que mencionar, además, que dadas las características de la edad, esta ha sido una preocupación principal en la antropología forense ya que aunque ahora hayan muchos métodos disponibles para estimarla, todavía se presentan muchas incógnitas cuando se trata de comprender el proceso de envejecimiento y como deja sus huellas en los huesos (İşcan, 1995).

Mientras tanto dentro de cada sexo, una serie de elementos asumen diferentes funciones, produciendo que la forma de estos elementos varíen y presenten tanto diferencias de forma como de tamaño, en consecuencia la disparidad entre machos y hembras de la

misma especie se conoce como dimorfismo sexual (Black & Ferguson, 2011). El tiempo de crecimiento varía en magnitud y momento, durante la adolescencia los varones entran en la etapa de crecimiento dos años más tarde que las mujeres generando una estatura ligeramente mayor, además también ocurren cambios esqueléticos significativos para cada sexo, ocasionando para el final de esta etapa la existencia de un grado de diferencia morfológica entre ambos sexos (Cameron, 2002). Uno de los resultados es que los seres humanos son dimorfos sexuales en la estatura del cuerpo y en cualquier población esquelética este dimorfismo se manifiesta con un tamaño relativamente menor de los huesos femeninos (White, 2011).

El tercer tipo de variación se da entre poblaciones, ya que diferentes grupos humanos varían en muchas características esqueléticas (White, 2011). Black y Ferguson (2011) plantean que para los antropólogos biológicos hay una variación biológica sustancial entre individuos dentro de las poblaciones humanas y parte de esta variación se distribuye entre individuos de diferentes poblaciones y entre grupos de población más grandes, y finalmente que los patrones de variación dentro y entre grupos han sido moldeados por la cultura, el lenguaje, el ambiente y la geografía. Este parámetro del perfil biológico es uno de los más difíciles de evaluar ya que varios factores influyen en la capacidad de asignar una ubicación geográfica a un cráneo en particular (Roos, et al. 2011).

Ahora considerando el cuarto factor de variación -el cual se abordará con un mayor grado de detalle- y tomando la información anterior, es necesario mencionar que debido a los niveles de dimorfismo sexual, el crecimiento, la degeneración ósea y la variación poblacional, primero debe haberse evaluado la edad, el sexo y la ascendencia para luego poder estimar la estatura (Moore & Ross, 2012).

#### **4.2.2. La variabilidad en la estatura**

La variación en la estatura puede expresarse a nivel individual y poblacional en donde diversos factores condicionan esta variabilidad. Dicho lo anterior los efectos significativos en

el tamaño ocurren por factores referidos a la predisposición genética, al medio sociocultural y natural, al estilo de alimentación, al nivel socioeconómico y la asequibilidad a los recursos.

Johnston (2002) expone que la expresión de cualquier rasgo fenotípico emerge de la interacción del genotipo con el ambiente, también explica que el genotipo lleva un conjunto de instrucciones para el desarrollo de un adulto maduro y funcional, así la variación en estas instrucciones puede afectar el tamaño, la estructura o el comportamiento final del organismo; también añade que el proceso de desarrollo se lleva a cabo en un medio de experiencia y efectos que interactúan con el genotipo, y los resultados de esta interacción del organismo con el ambiente se refleja en la variabilidad de los patrones de crecimiento entre los individuos y entre las poblaciones.

Se considera que la genética y el medio ambiente son los principales condicionantes en la variación en la estatura, y los patrones de crecimiento responden a las presiones ambientales, así, en etapas específicas del crecimiento uno u otro puede ser la influencia dominante. Si se tiene en cuenta, que en la concepción se obtiene el patrón genético que incluye el potencial para lograr un tamaño y forma de adulto en particular, las influencias ambientales negativas sobre el proceso de crecimiento pueden alterar este potencial no permitiendo que sea plenamente alcanzado (Cameron, 2002; Mays, 2016). De otra forma cuando el medio ambiente apoya la plantilla genética la interacción resultante es positiva (Johnston, 2002).

Las malas condiciones ambientales son aquellas en las que la supervivencia y/o la fertilidad son bajas debido a la desnutrición y a la enfermedad. Un resultado común en los estudios bioantropológicos es que en mejores condiciones ambientales el crecimiento del niño y el estirón de la adolescencia ocurre más rápido dando como resultado cuerpos de adultos más altos (Walker, et al. 2006). Por tanto el crecimiento disminuido durante la infancia puede ser relacionado como indicador de estrés ambiental o como una respuesta adaptativa a este mismo estrés agregando que las respuestas adaptativas que se presentan al inicio de la vida pueden ser beneficiosas para la supervivencia, pero no necesariamente para las diferentes etapas del ciclo vital (Czerwinski, et al. 2007).

Por tanto un desafío significativo, como lo es la escasez de alimentos, afectaría diferencialmente las proporciones corporales que pueden sufrir un retraso en el crecimiento en diferentes niveles; y considerando que este retraso ocurre principalmente durante la infancia, son las extremidades las cuales se ven directamente afectadas (Martorell y Habicht, 1986 en Zakrzewski, 2003). En consecuencia, las poblaciones que habitan ambientes marginales crecen más lentamente y maduran más tarde y el resultado es un menor tamaño; mientras que los individuos que habitan entornos más ricos en recursos crecen y maduran más rápido obteniendo tamaños mayores (Lampl & Thompson, 2007).

En esta línea de ideas, la infancia es una etapa del ciclo vital humano que se caracteriza por un crecimiento de alta velocidad pero que también sufre desaceleraciones, en donde la nutrición es esencial para el crecimiento (Lejarra, 2002; Norgan, 2002). La nutrición es una de las varias influencias ambientales en el crecimiento, de esta forma el tipo, la duración y la intensidad del desafío nutricional influyen en la respuesta del organismo al medio, si el alimento llega a ser limitado, una de la respuestas es retardar el crecimiento (Norgan, 2002; Ángel, 1972; Larsen, 1984, en Zakrzewski, 2003). Además un estado nutricional deficiente también puede conducir a la inmunocompetencia, al deterioro y disminución de la resistencia a la infección y/o a la exposición a enfermedades (King y Ulijaszek, 1999).

Entre la malnutrición y la infección existe un efecto cíclico pues individuos malnutridos son más susceptibles a la infección, y la infección empeora el estado nutricional. Así personas que consumen dietas relativamente pobres sufren más los efectos de la infección (Zakrzewski, 2003). Cabe señalar que las restricciones alimentarias y nutricionales también están relacionadas con la reducción del área del hueso y su mantenimiento (Goodman et al., 1984), menos acumulación ósea trabecular, y la disminución de la densidad ósea trabecular (Gosman, 2012). Y el efecto en términos de crecimiento es que la velocidad de la altura se reduce a medida que la desnutrición se hace severa (Cameron, 2002).

Por otra parte el crecimiento en estatura también depende del sistema endocrino ya que este es el mecanismo de control para los desafíos ambientales. El hipotálamo coordina las acciones de los sistemas nervioso y endocrino, en relación con el crecimiento y el desarrollo humano su asociación más importante es con la glándula pituitaria; el rico suministro de sangre en el infundíbulo, lleva hormonas reguladoras desde el hipotálamo hasta la glándula pituitaria, el lóbulo anterior de esta glándula libera las principales hormonas que controlan el crecimiento lineal (Cameron, 2002: 12); durante el proceso de formación de hueso endocondral en la infancia, se incluye la hormona del crecimiento y el factor de crecimiento similar a la insulina tipo 1, la hormona tiroidea y los glucocorticoides; y en la adolescencia el brote del crecimiento se da por la colaboración de esteroides sexuales (Gosman, 2012). Cameron (2002) plantea que hay amplias pruebas de investigación en niños con una estatura baja en donde una variedad de desafíos ambientales obstruyen el sistema endocrino, ocasionando una reducción en la liberación de la hormona del crecimiento.

Llegados a este punto, Norgan (2002) expone que se puede disponer o tolerar una amplia gama de dietas capaces de satisfacer las necesidades nutricionales y promover un crecimiento óptimo y que en gran parte de la evolución humana el ambiente físico y el clima determinaron los recursos que se podían obtener, más sin embargo en la actualidad la tecnología, los sistemas económicos y políticos son los principales factores que influyen en la elección de los alimentos y los que de cierta manera permiten o dificultan el acceso a una alimentación adecuada que supla las necesidades nutricionales de los individuos, entonces nos enfrentamos a otro factor que incide en el crecimiento lineal. Zakrzewski (2003) escribe que con el desarrollo de la clasificación social, se desarrolló el acceso preferencial a la alimentación y el cuidado de la salud y estos factores se ven reflejados en la biología del esqueleto de cada individuo. Malina y Bouchard (1991) citados en Bielicki y Szklarska (2000) describen el hecho de que los individuos pertenecientes a los estratos sociales superiores tienden a ser más altos que sus compañeros de edad de los estratos inferiores y este hecho es considerado como una manifestación fenotípica de las diferencias sociales en los niveles de vida.

En la actualidad existen muchas poblaciones en condiciones de desventaja social y económica, con presencia de pobreza, malnutrición, enfermedades y hacinamiento, revelando un estado de miseria que habita el ambiente vivido por muchos niños hasta su edad adulta, así el ambiente en vez de proporcionar un lugar positivo, se convierte en una amenaza para la subsistencia y en una fuerza sistémica donde las poblaciones no pueden lograr su potencial genético (Johnston, 2002) y el deterioro en el crecimiento de los primeros años del ciclo vital determinan en gran medida la estatura de los adultos de los países en vía de desarrollo. Eveleth y Tanner (1976) plantean que la salud de una población se refleja en gran medida en la tasa de crecimiento de sus hijos, además el hecho de que dentro de los mismos países en vía de desarrollo hay una brecha muy amplia entre pobres y acomodados, situación que permite que un niño con escasos recursos pueda recibir numerosos desafíos durante el crecimiento y aunque sobreviva refleja un crecimiento lento y un menor tamaño corporal, en consecuencia si toda una población recibe desafíos similares, la media de la población reflejara un tamaño pequeño.

Por último también existen otra clase influencias que interfieren en el crecimiento, unas naturales como lo son el clima la temperatura y la altitud que reduce o proporciona el acceso a alimentos que se pueden incorporar en la dieta, por otro lado se añaden los factores antropogénicos como la contaminación en el aire, metales, la radiación, pesticidas y herbicidas; que plantan desafíos adaptativos a los patrones de crecimiento por ejemplo estudios han demostrado que en los países industrializados los niños pobres tienen una mayor exposición a contaminantes ocasionando un crecimiento deteriorado (Schell & Knutsen, 2002).

#### **4.2.3. Plasticidad en el crecimiento**

Cabe mencionar que muy pocas personas han vivido en un ambiente completamente adecuado, por ejemplo al final de la vida intrauterina el crecimiento fue limitado por el tamaño del útero (Cameron, 2002); al nacer, él bebe es trasladado a un ambiente postnatal en condiciones extremadamente variadas a las del útero, por esta razón él bebe evoluciona bajo una continua compensación a nuevos niveles de estrés y está sujeto a demandas fisiológicas



constantes que requieren respuestas adaptativas consecuentes con las circunstancias específicas (Lejarra, 2002).

Norgan (2002) escribe que en los milenios pasados los desafíos ambientales dieron lugar a la supervivencia de Homo Sapiens, y que como supervivientes usamos estrategias para asegurar la continuidad de la especie, una de las estrategias más poderosas es la plasticidad del crecimiento y el desarrollo.

De este modo el crecimiento lento que caracteriza a esta especie le permite esta plasticidad que como resultado, a diferencia de cualquier otra especie de mamífero, conlleva la supervivencia de un mayor porcentaje de jóvenes. Así mismo los seres humanos también se caracterizan por una mayor sensibilidad a al medio ambiente y esta característica permite a los individuos responder a los cambios ambientales manteniendo la homeostasis que identifica a los humanos como mamíferos (Johnston, 2002). De este modo se ha encontrado la idea de que las repuestas al crecimiento forman parte de las capacidades adaptativas de la especie a su entorno físico (Lawrence & Knutsen, 2002).

Lampl y Thompson (2007), explican que las teorías de la adaptabilidad y la plasticidad humana se han centrado en el crecimiento como componente por el cual las poblaciones sobreviven, por esta causa las alteraciones en las tasas de crecimiento y los efectos asociados en el tamaño y la longevidad componen modelos explicativos que describen estrategias por las cuales la supervivencia esta mediada en ambientes desafiantes o cambiantes; pero una de las preguntas es si estas estrategias adaptativas a nivel de las poblaciones son convenientes para los individuos; Lampl & Thompson (2007) ejemplifican esta situación poniendo por caso el hecho de que se reduzca el tamaño de los individuos de una generación a causa de un desafío ambiental, se podría disminuir el logro del potencial genético pero mantener la supervivencia de esta generación y esta flexibilidad adaptativa no es necesariamente beneficiosa desde el punto de vista de los individuos atrofiados, pero si en lugar de esto los individuos superan el desafío para reproducirse con éxito y los códigos genéticos de adquirir una mayor estatura se han guardado, los individuos podrán reproducir de nuevo estos códigos

y prosperar en un rango más amplio de variabilidad fenotípica y esto sería un éxito desde el punto de vista de la especie, además cualquier restitución puede incluir varias generaciones.

Siendo así la estatura media de una población adulta puede sufrir cambios con el tiempo de generación en generación ya sea debido a los desafíos ambientales o cuando el ambiente favorece el potencial genético. A estos factores se le ha denominado como cambios seculares (Trotter & Gleser, 1951). Johnston (2002) define cambio secular como cualquier cambio asociado al tiempo, y cuando se aplica al crecimiento se refiere a cambios en el patrón característico de crecimiento de los hijos de una población, de esta manera las tendencias seculares son respuestas fenotípicas a los cambios en los niveles de vida.

Dicho lo anterior los desafíos ambientales como la nutrición y las enfermedades son las principales causas de los cambios seculares en el tamaño total; Jantz & Jantz (1999) señalan que su investigación muestra que las proporciones de los huesos largos también responden a estos mismos factores ambientales. Se debe agregar que estos factores afectan de manera diferente a los diversos sistemas biológicos lo que trae como resultado la variación de las extremidades entre las poblaciones (Konigsberg, et al. 2006).

### 4.3. CAPÍTULO III

#### 4.3.1. Crecimiento longitudinal

El crecimiento tiene lugar en los procesos a nivel de las células, los tejidos y los órganos que median entre la genética y la fisiología local para determinar los cambios específicos por los que el organismo aumenta de tamaño y los sistemas envejecen, así la morfología refleja la integración de este proceso dinámico y la diversidad de los resultados en la variabilidad en el tamaño fenotípico (Lampl & Thompson, 2007).

Tomando en cuenta lo anterior, es necesario dejar claro algunos conceptos. El crecimiento longitudinal se define como las medidas acumulativas de cambios pasados en relación a la estatura, diferente al crecimiento ponderal que se refiere a los cambios en relación a la masa corporal (Himes, 2004). Por otra parte la maduración es considerada como el logro progresivo de la condición de adulto e incluye los cambios en el desarrollo de la morfología, la función y la complejidad (Todd, 1937 en Himes, 2004) en otras palabras, el crecimiento es un aumento en el tamaño y la madurez es un aumento en la capacidad funcional (Cameron, 2002) considerando que todos los niños alcanzan la misma madurez de adultos mientras que el tamaño en estatura puede variar considerablemente en la adultez (Himes, 2004).

El punto final del crecimiento longitudinal es la estatura total alcanzada en la edad adulta, este proceso lleva casi veinte años en completarse, y aunque difiera entre individuos la magnitud de la estatura final todos experimentan un patrón similar de crecimiento. Cameron (2002) plantea que la curva de crecimiento tiene varias características: en primer lugar la curva resultante es un proceso relativamente suave y continuo que no se caracteriza por periodos sin crecimiento y luego por aumentos dramáticos en la estatura; en segundo lugar el crecimiento no es proceso lineal porque no se gana la misma cantidad de altura durante cada año y por último la curva de crecimiento se caracteriza por cuatro fases distintas. Y estas fases en palabras de Restrepo (2000:71) serían de la siguiente manera:

El primer año de vida el niño aumenta un 50% de la longitud inicial en el nacimiento, para el segundo año de vida el crecimiento tiene una mayor desaceleración que se acentúa en el tercer año y comienza una etapa constante de aumento de la estatura. En la pubertad ocurre un estirón que difiere en la edad de presentación, intensidad y duración entre individuos, la ganancia promedio anual es de 10cm en los niños y de 9cm en las niñas; este estirón se inicia dos años más temprano en las niñas ocurriendo entre los diez y doce años y en los niños entre los doce y catorce años; este periodo dura de dos a tres años, de ahí en adelante el crecimiento es muy lento hasta que se cierran las epífisis y cesa el crecimiento dando como resultado la estatura definitiva.

Siguiendo a Restrepo (2000: 82) se ha deducido a partir de varios estudios antropométricos que la estatura incrementa en la vida posnatal a expensas del mayor crecimiento de los huesos largos de las extremidades inferiores; así en el recién nacido la extremidad inferior representa al 30% de la estatura y en la edad adulta este valor incrementa al 50%. Hay que mencionar además, lo que Mendonça (1998:19) plantea y es que la talla de un individuo varía a lo largo del día, desde la mañana hasta la noche en función de la compresión de los discos intervertebrales debido a su postura erecta; y por otro lado la estatura del cadáver es generalmente mayor que la estatura en vida (Baines, et al. 2016).

#### **4.3.2. La estatura como variable en la identificación forense**

Al aplicarse la estatura como parte del perfil biológico en la identificación forense, varios autores han planteado que la longitud de los huesos largos de las extremidades inferiores son el mejor indicador de la talla ya que están altamente correlacionados con ésta (Jantz & Jantz, 1999; Carrero, et al. 2012; Pearson, 1899 en Trotter & Gleser, 1951; Olivier, 1969 & Sjøvold, 1990 en Duyar & Pelin, 2003). Y como ya se ha mencionado, la longitud del hueso largo de cada individuo varía de acuerdo a su estatura lo que conlleva a que una población difiera entre sí en la estatura media, y que por ende al mismo tiempo difieren en la misma dirección con respecto a la longitud media de los huesos largos, entonces un efecto de cambio para aumentar la estatura media de una población también se evidenciara en la longitud

media de los huesos largos de las extremidades inferiores lo que indica que éstos son positivamente alométricos con la estatura (Trotter & Gleser 1951; Jantz & Jantz, 1999).

Debido a la ya muy mencionada variabilidad entre las poblaciones, varios autores concuerdan con que debe desarrollarse un método para cada población en relación a la estimación de la estatura, ya que cuando el método que se crea para una población, se aplica a otra éste suele ser impreciso (Carrero, et al. 2012; Mays, 2016; Mahakkanukrauh, 2011; Konigsberg, et al. 2006; Duyar & Pelin, 2003).

Los métodos para estimar la estatura se han diferenciado en dos tipos principales. Por un lado están los métodos anatómicos que implican medir las dimensiones supero-inferiores de los huesos que componen la estatura, estos métodos suman las alturas craneal, vertebral y la longitud de los huesos de las extremidades inferiores y hace una corrección para los tejidos blandos y la curvatura de la columna vertebral; y en segundo lugar se encuentran los métodos matemáticos que implican la medición de elementos particulares calculando la proporción de cada longitud del hueso con la estatura (Moore & Ross, 2012; Mays, 2016; Baines, et al. 2016).

El método anatómico fue iniciado por Dwight (1878) desarrollado por Fully (1956) y recientemente pulido por Raxter et al. (2006). Y a finales del siglo XIX, Rollet (1889) y Manouvrier (1892) produjeron tablas que relacionaban las longitudes óseas con la estatura. Finalmente utilizando los datos de Rollet, Pearson (1899) desarrolló la regresión estadística para la estimación de la estatura en las longitudes de los huesos largos (Mays, 2016). En la actualidad este es el método predominantemente utilizado por la facilidad de su aplicación y porque por lo general en los sitios arqueológicos y forenses no se encuentran los esqueletos completos para aplicar el método anatómico (Moore & Ross, 2012).

Así pues se han realizado numerosas investigaciones en donde se han aplicado fórmulas de regresión para estimar la estatura usando las longitudes de diferentes huesos largos:

Hauser, et al. (2005) realizaron un estudio que tuvo como objetivo establecer la relación entre la estatura y la longitud máxima del fémur, usaron huesos aislados de ambos sexos de restos humanos maduros sometidos a autopsia forense que pertenecen a la población polaca contemporánea. En total examinaron 91 cuerpos y concluyeron con que la investigación apunta a una relación muy estrecha entre la estatura del cadáver y la longitud máxima del fémur.

Mendonça (2000) realizó una investigación en 200 cadáveres, 100 hombres y 100 mujeres pertenecientes a Portugal de raza caucásica, entre las edades de 20 y 50 años. La altura y los huesos fueron medidos directamente. Para las fórmulas de regresión utilizó las medidas de las longitudes del humero y del fémur. Estas fórmulas y tablas fueron producidas para la aplicación en antropología forense al estudiar los esqueletos humanos.

Dayal, et al. (2008) desarrollaron fórmulas de regresión univariadas para la estimación de la estatura en esqueletos en blancos sudafricanos utilizando las longitudes de los huesos largos. La muestra fue de 98 esqueletos machos y 71 mujeres pertenecientes a la Colección Raymond A. Dart de Esqueletos Humanos y la Colección de Huesos Pretoria. Para cada individuo se midieron la altura total y la longitud máxima de los huesos largos, los resultados arrojaron un menor error estándar de estimación cuando se usó la columna lumbar, el fémur y la tibia en combinación.

Mantilla, et al. (2009) trabajaron en generar una ecuación para predecir la estatura a partir de la tibia, evaluaron 168 cadáveres colombianos con edades entre los 18 y 50 años. Estimaron la correlación existente entre la talla y la longitud de la tibia a partir del coeficiente de correlación de Pearson y aplicaron un modelo de regresión lineal para generar una ecuación que permite aplicarse a población colombiana para predecir la estatura de un individuo desconocido.

Mahakkanukrauh, et al. (2011) realizaron su estudio con el fin de crear fórmulas de regresión para la población tailandesa, usaron una muestra de 200 esqueletos pertenecientes al norte de Tailandia (132 varones y 68 mujeres) con edades comprendidas entre los 19 y 94

años. Estos investigadores midieron las longitudes de los seis huesos largos y generaron fórmulas de regresión lineal para estimar la estatura. Los resultados revelaron que los tres huesos de las extremidades inferiores son los mejores estimadores. En los varones el peroné produjo el error estándar más bajo seguido del fémur. Para las mujeres el fémur produjo el error estándar más bajo seguido del radio, sin embargo cuando se probaron con la muestra de retención, las ecuaciones del fémur fueron más precisas.

Carrero, et al. (2012) realizaron excavaciones sistemáticas en el sitio arqueológico la Sima de los Huesos en la Sierra de Atapuerca y lograron reconstruir 27 huesos largos completos de *Homo heidelbergensis*, esta muestra la usaron junto con una de 39 huesos largos completos de *Homo neanderthalensis* y 17 huesos largos completos de *Homo sapiens* tempranos, con el fin de comparar las estaturas de estas tres especies. Estimaron la estatura para cada hueso usando fórmulas de regresión independientes de la raza y el sexo, y además usaron los seis huesos largos que componen el esqueleto.

Brits, et al. (2017) crearon ecuaciones de regresión para la estimación de la estatura en negros sudafricanos sub-adultos; la muestra fue de 59 negros sudafricanos con edades comprendidas entre los 10-17 años quienes participaron voluntariamente en el estudio. La estatura se midió con un estadiómetro y las longitudes máxima y diafisaria del fémur y la tibia se midieron con escáneres de resonancia magnética (MRI), se utilizaron los coeficientes de correlación de Pearson y los análisis lineales de regresión de mínimos cuadrados. Las mediciones del fémur y la tibia y sus mediciones combinadas mostraron alta correlación positiva con la estatura. Estos autores concluyeron que estas variables pueden considerarse buenos estimadores de la estatura sub-adulta del esqueleto de negros sudafricanos no identificados.

Baba, et al. (2016) evaluaron la correlación entre la estatura y las mediciones del fémur utilizando tomografías computarizadas tridimensionales, usando una muestra de 195 cadáveres japoneses, 105 hombres y 90 mujeres. Tomaron cinco mediciones de longitud del fémur de acuerdo con tres puntos anatómicos. Concluyeron con que el estudio demostró que

las mediciones de la longitud del fémur fueron útiles para reconstrucción de la estatura, especialmente en los casos en que no se disponía de la totalidad del hueso.

Albanese, et al. (2016) presentan ecuaciones univariadas y multivariadas específicas de sexo pero no de población, ya que plantean que no se requiere que un individuo sea asignado a un grupo antes de estimar la estatura. Estas ecuaciones las desarrollaron mediante regresión lineal en una muestra de 244 esqueletos de la colección de Terry y se probaron en muestras independientes del Banco de Datos Antropología Forense (n=136) y de la Colección de Lisboa (n=85). Concluyen: que el fémur es el hueso largo que proporciona los mejores resultados univariados y la mejor ecuación multivariada incluye las longitudes del humero, del fémur y de la tibia; que una ecuación genérica no requiere que individuo desconocido sea asignado a una población; además de que una ecuación específica de población no arroja mejores resultados; y que las ecuaciones específicas de sexo si pueden estimar mejores resultados. Finalmente plantean que con estas ecuaciones la estatura puede estimarse independientemente de la edad de la muerte, el sexo y la filiación poblacional.

Los trabajos investigativos antes mencionados han sido solo algunos de todos los que se han desarrollado en la comunidad académica con fines aplicativos a los contextos forenses y arqueológicos. Como se ha documentado, para todas las diferentes poblaciones del mundo el fémur y la tibia han sido los huesos que permiten estimar mejor la estatura y han arrojado los resultados más precisos. En conclusión, los investigadores deben evitar cualquier hueso que no desempeñe un papel significativo en la estatura de un individuo (Moore & Ross, 2012). En el presente trabajo el hueso con el cual se trabaja será el fémur, razón por la cual se hablará sobre este a grandes rasgos.



## **4.4. CAPÍTULO IV**

### **4.4.1. El Fémur**

Es el hueso más largo, pesado y fuerte del cuerpo que forma parte del esqueleto del muslo, apoya todo el peso del cuerpo al estar de pie, caminar o correr, debido a su densidad ósea se recupera fácilmente en contextos forenses y arqueológicos (White, 2011) proximalmente cuenta con una cabeza, el cuello y los trocánteres y distalmente, con los cóndilos medial y lateral (ver figura 1). En la parte proximal articula con el acetábulo del hueso coxal y en la distal articula con la meseta de la tibia y con la rótula (Scheuer & Black, 2004).

El fémur mesenquimal es visible aproximadamente a los 41 días de gestación, la condricificación comienza de los 41 a los 44 días y se completa al final del periodo embrionario; a los 48 días la cabeza comienza a condricificarse y a los 52 días el cuello. Ambos trocánteres y los cóndilos son visibles en la octava semana de vida prenatal (Scheuer & Black, 2004).

El centro primario de osificación aparece entre las semanas 7-8 (Gardner & Gray; 1970) del embrión y una semana más tarde la osificación endocondral puede ser identificada histológicamente en el centro del eje, a partir de la semana 32 la formación del hueso endocondral y periostico son co-extesivos. Entre las semanas 12-13 la osificación del eje ha llegado casi hasta la región del cuello proximal y a la epífisis distal. En el comienzo del segundo trimestre se hacen presentes los osteoclastos que inician la remodelación que junto con la aposición dan lugar a la ampliación en longitud y anchura del hueso y posteriormente el crecimiento se hace más lento (Scheuer & Black, 2004). Al término de la vida prenatal entre el 75- 80% de la longitud total del hueso esta osificada. En el último mes prenatal en el extremo distal del eje osificado se desarrolla una depresión central y la torsión aparece en toda la longitud del eje (Felts, 1954; Gardner y Gray, 1970).

La morfología de la diáfisis se altera durante la infancia, la niñez y la adolescencia ya que inicialmente el cuello es más vertical, pero como los dos abductores se desarrollan en respuesta al caminar, hay una disminución marcada el ángulo (Humphry, 1889; Morgan y Somerville, 1960 en Scheuer & Black, 2004). La arquitectura trabecular del hueso también cambia durante los primeros años de vida ya que se produce la remodelación en respuesta a las cargas mecánicas, así a los cinco años de edad las trabéculas secundarias se hacen evidentes. Alrededor de los seis meses de vida en la superficie metafisiaria inferior se desarrolla un hueco que es co-extensivo con la superficie tróclea de la epífisis y en el borde posterior se forma la fosa intercondilea, de este modo para los 4-5 años de edad las zonas del cóndilo y la tróclea se pueden distinguir sobre la superficie metafisiaria (Scheuer & Black, 2004).

Los centros secundarios de osificación aparecen con la formación de las epífisis, el extremo distal del fémur tiene el crecimiento más rápido que las demás epífisis del cuerpo, por lo general se desarrolla a partir de un solo núcleo de osificación que aparece en el último mes prenatal siendo la primera de las epífisis en aparecer y una de las últimas en fusionarse a la diáfisis, la fusión de ésta coincide con el cese del crecimiento en la estatura de los individuos y ocurre entre las edades de catorce a dieciocho años en mujeres y de dieciséis a veinte años en los hombres proporcionando la morfología final del hueso adulto; además esta epífisis también es responsable de aproximadamente el 70% de crecimiento de la longitud del hueso ((Digby, 1915; Anderson et al., 1963 en Scheuer & Black, 2004).

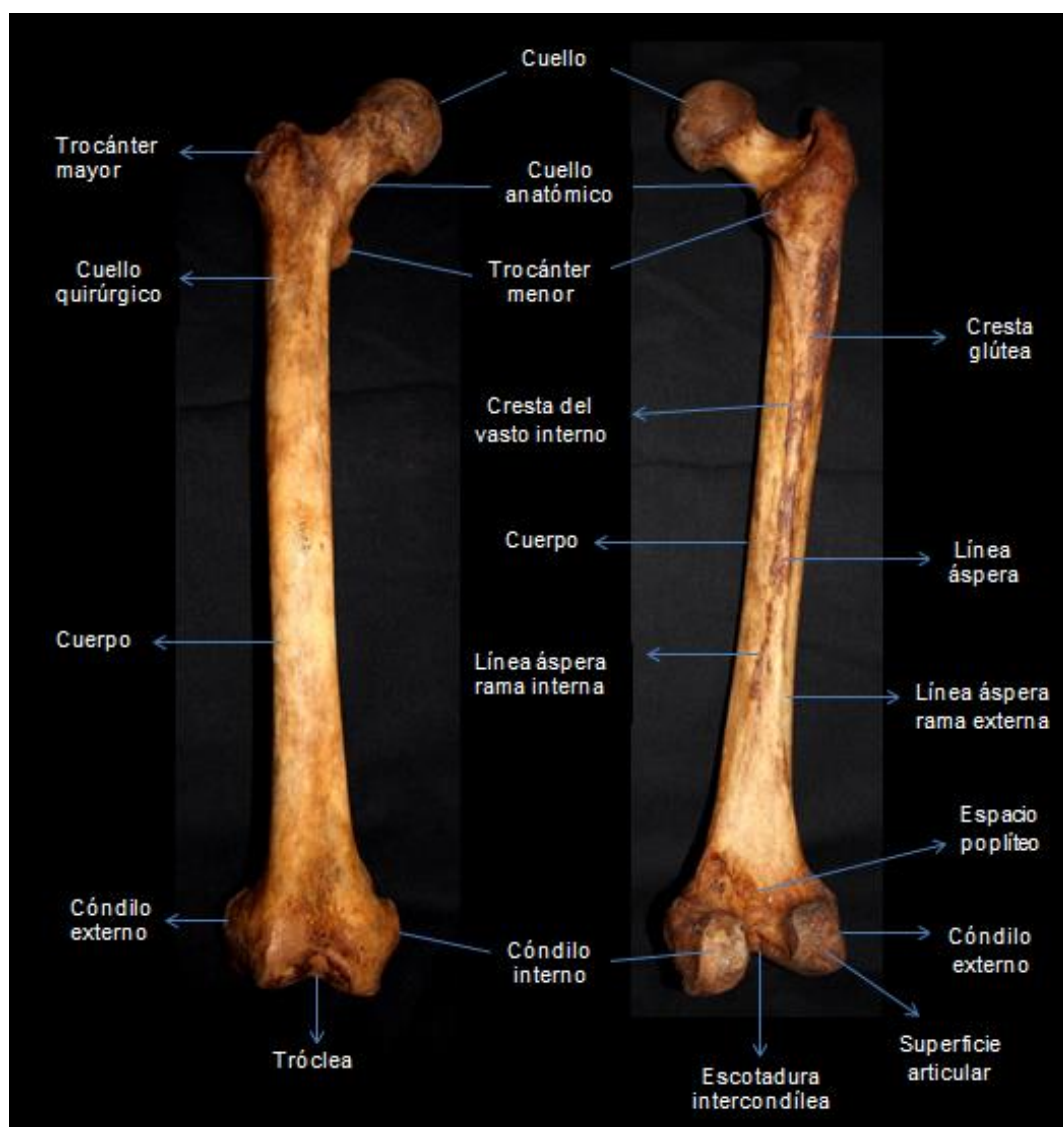
El extremo proximal del fémur tiene tres y casualmente cuatro centros secundarios de osificación separados que se fusionan de forma independiente con el cuello. A la edad de dos años, el cuello del fémur divide la placa de crecimiento en dos superficies de crecimiento metafisiaria, una para la cabeza y otra para el trocánter mayor, un proceso similar divide la superficie metafisiaria para el trocánter menor, de ahí en adelante cada centro de osificación se desarrolla en su propia zona (Scheuer & Black, 2004).

El centro para la cabeza es casi siempre visible a la edad de un año y se fusiona entre los 11-16 años en las niñas y entre los 14-19 años en los niños; el centro para el trocánter

mayor aparece entre los 2- 5 años de edad apareciendo primero en la niñas en la pubertad el trocánter ha llegado a su morfología de adulto, éste se fusiona de 14 a 16 años en mujeres y de 16 a 18 años en hombres, finalmente el centro de osificación para el trocánter menor aparece entre los 7 y 11 años y se fusiona alrededor de los 16 a los 17 años de edad en ambos sexos (Scheuer & Black, 2004).

**Figura 1. Fémur derecho. Vista anterior (izquierda) y vista posterior (derecha).**

**Colección de Antropología Osteológica**



## **5. CAPITULO METODOLÓGICO**

### **5.1. Descripción de la muestra**

La muestra estuvo conformada por un total de 27 fémures, pertenecientes a 20 hombres y a 7 mujeres. Los individuos que componen la muestra del presente trabajo investigativo hacen parte de la colección del laboratorio de Antropología Osteológica de la Universidad de Antioquia de la ciudad de Medellín- Antioquia y estos individuos proceden del Cementerio Universal.

Los individuos que se incluyeron en la muestra son individuos maduros esqueletizados que comprenden las edades de 19 a 50 años ya que se debe tener presente los procesos degenerativos que comienzan con la edad adulta. De la muestra se excluyeron todos los individuos que sufrieron cualquier clase de patología, procesos tafonómicos o fracturas en el fémur que pudieron alterar o incidir de forma importante en las correctas mediciones.

### **5.2. Variables**

Para realizar los respectivos análisis que arrojaron la información necesaria para estimar la estatura a partir del fémur y poder medir la variabilidad poblacional, las variables dependientes fueron la Talla en centímetros de la longitud fisiológica del fémur y la talla en centímetros de la longitud perpendicular del fémur y se tomaron como variables independientes la longitud fisiológica (oblicua o bicondilea) del fémur (LFF), la longitud perpendicular máxima del fémur (LPF) ambas en milímetros, y por último el sexo; la edad no se consideró como variable ya que en el método de Mendonça (2000) que será el método a aplicar en el presente trabajo, no se tuvo en cuenta la corrección de los valores de la talla en función de la edad, la razón que desarrolla la autora es que debido a que la muestra que utilizo abarcaba individuos entre las edades de 20 a 59 años sin ninguna patología osteoarticular de

naturaleza traumática o degenerativa, y se descartaron todos los individuos de 60 años en adelante eliminando la posibilidad de las alteraciones significativas de la talla con la edad.

**Tabla 1. Operacionalización de variables**

<b>VARIABLES INDEPENDIENTES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>CATEGORÍAS</b>	<b>ESCALA</b>	<b>NATURALEZA</b>
LFF	Longitudes del fémur por medición en el osteómetro, método de Mendonça (2000)	Milímetros	Razón	cuantitativa
LPF				
Sexo	Observaciones morfológicas del hueso de la cadera, método de Phenice (1969)	Femenino Masculino	Nominal	cuantitativa
<b>VARIABLES DEPENDIENTES</b>				
Talla	Estimación a partir de las fórmulas de regresión lineal propuestas por Mendonça (2000)	Centímetros	Intervalo	Cuantitativa

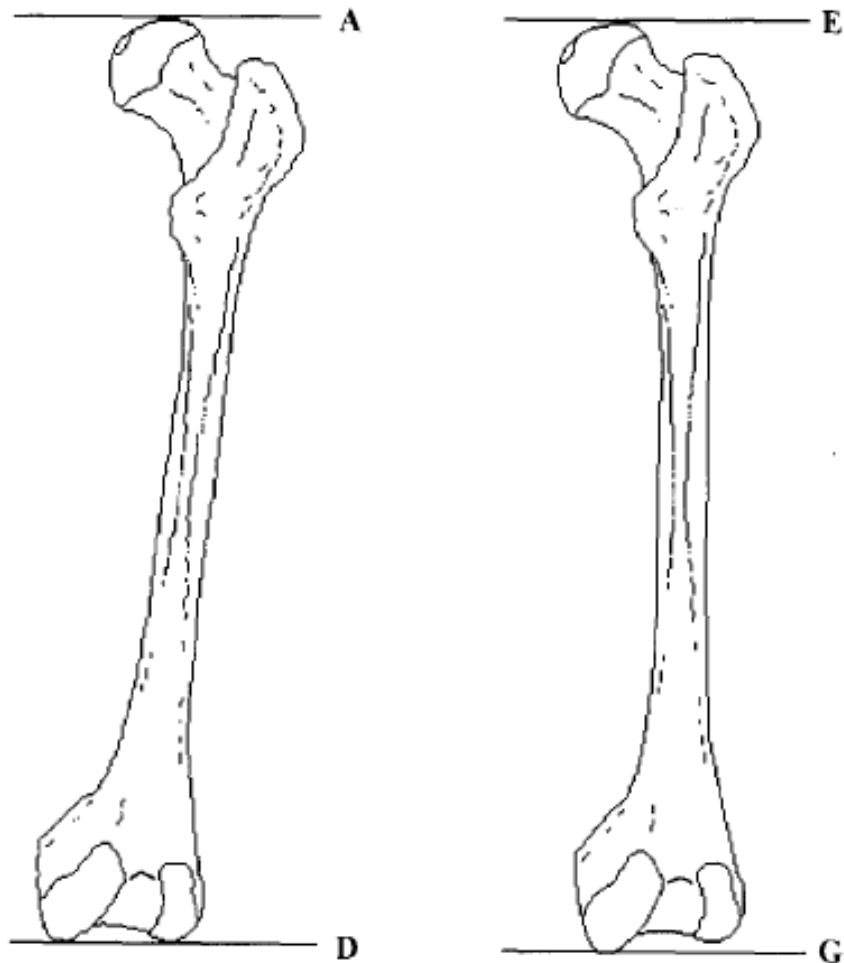
### 5.3. Descripción de las variables independientes y métodos de medición

Los puntos de medición para el fémur fueron elaborados por Mendonça (2000) a partir de una muestra de 200 cadáveres frescos provenientes de una población portuguesa, 100 pertenecen al sexo femenino y los otros 100 al sexo masculino. En donde logro estimar la altura total de los cadáveres y realizar disecciones en los huesos de interés para medirlos adecuadamente y así poder establecer la correlación entre la longitud de los huesos intervenidos y la talla. Las siguientes son las mediciones propuestas para el fémur.

- **Longitud fisiológica (oblicua o bicondilea):** para esta medición el hueso se ubica en la tabla osteométrica sobre su cara anterior, y se mide desde el punto más proximal de la cabeza hasta el punto más distal de ambos cóndilos. (figura 1: distancia A-D)
- **Longitud perpendicular (máxima):** en esta medición el hueso también debe ser ubicado en la tabla sobre su cara anterior, alineado perpendicularmente al tope de la tabla, únicamente con el cóndilo medial apoyado en este tope y se mide desde el punto más proximal de la cabeza hasta el punto más distal del cóndilo medial. (figura 1: distancia E-G)

La autora plantea que ambas formas de medición pueden realizarse de manera indiscriminada, aunque entre una y otra longitud las diferencias pueden exceder los dos centímetros dependiendo del ángulo de inclinación del fémur y estas diferencias son mayores en el sexo femenino, pero sin embargo el coeficiente de correlación es semejante y siendo así, para estimar la talla de un individuo es igual aplicar cualquiera de las dos mediciones y ambas arrojarán un resultado confiable, en este trabajo se emplearán ambas mediciones.

**Figura 2. Longitud fisiológica del fémur y longitud perpendicular del fémur.** (Tomado de Mendonça 2000)



**El sexo:** es una variable independiente nominal dicotómica y es fundamental en el trabajo teniendo en cuenta el dimorfismo sexual que se presenta en la talla, y que es de suma importancia en los análisis estadísticos para representar la variabilidad, además de que las formulas a aplicar también están divididas por sexos. Al sexo masculino se le asignara el número 1 y al sexo femenino el número 2.

Finalmente el sexo será determinado a partir del método que desarrollo Phenice en 1969 de acuerdo a tres criterios específicos basados en las observaciones morfológicas del hueso de la cadera, la autora define este método como preciso, rápido, altamente objetivo y

que además no requiere de años de experiencia para una correcta aplicación. Los criterios son los siguientes:

**-El arco ventral:** para observar este criterio, se debe orientar el pubis de modo que la superficie ventral este de frente y la sínfisis púbica se encuentre en un plano antero-posterior. En la pubis femenina este consiste en una cresta ligeramente elevada de hueso que se extiende desde la cresta púbica hasta la extensión más lateral de la concavidad subpúbica, donde se mezcla con el borde medial de la rama isquio-púbica (Figura 1A). Por el contrario, en pubis masculino no posee arco ventral (figura 1B), sin embargo la autora plantea que el macho podría tener una cresta similar, pero no debe confundirse con el arco ventral.

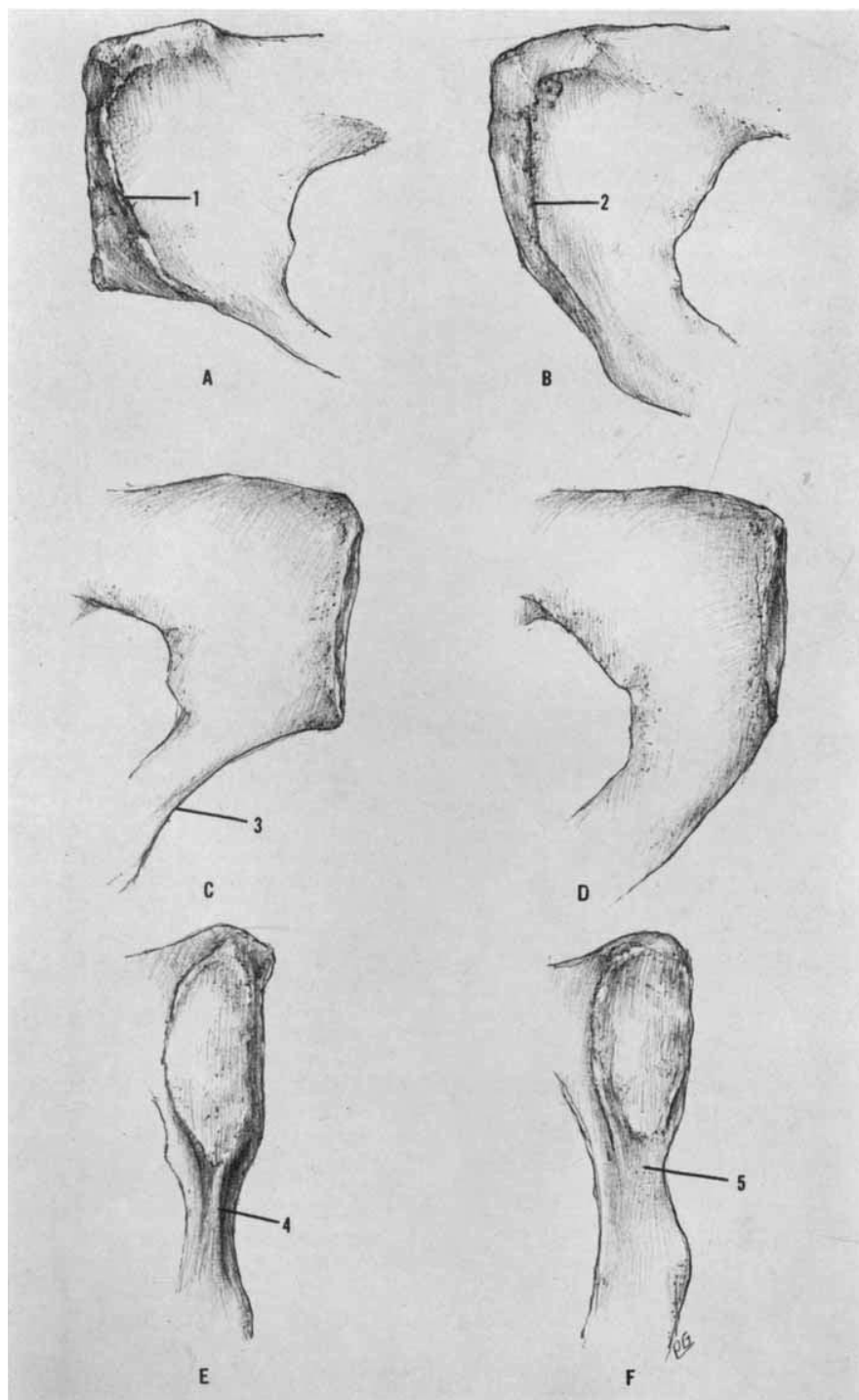
**- La concavidad subpúbica:** en el pubis femenino se presenta un recurvo lateral que se produce en la rama isquio-púbica a corta distancia por debajo del borde inferior de la sínfisis púbica (figura 1C). Este recurvo mencionado está ausente en la pelvis masculina (figura 1D). La autora apunta que este criterio no es tan objetivo como el arco ventral ya que algunos machos muestran un leve indicio de una concavidad sub-púbica aun que se tiene la salvedad que es muy difícil confundir esto con el rasgo bien desarrollado presente en la hembra.

**-Aspecto medial de la rama isquio-púbica:** en el macho en la rama isqui-púbica se encuentra una superficie amplia inmediatamente debajo de la superficie sinfisiaria (Figura 1F) mientras que en la hembra se encuentra una cresta (figura 1E). Phenice apunta que este criterio solo debe establecer dependencia cuando hay ausencia de los dos criterios anteriores.

Finalmente si uno o dos criterios indican que la estimación del sexo es definitivamente femenino o masculino la estimación según Phenice será correcta al menos en un 96% y según este método el aspecto medial de la rama isquio-púbica es el criterio más susceptible de ser ambiguo mientras que el arco ventral es el menos probable de poseer ambigüedad.



Figura 3. Método de Phenice para la estimación del sexo



#### 5.4. Instrumentos de medición

Las mediciones de los fémures se realizaron en una tabla osteométrica, en milímetros, ya que este es el instrumento que representa mejor confiabilidad y validez para registrar los datos. En primer lugar se llevó a cabo una prueba piloto en una pequeña muestra previamente seleccionada para establecer los márgenes de error intra observador, después de estandarizar las medidas y realizar los respectivos ajustes se procedió a tomar las medidas.

Las formulas regresivas creadas por Mendonça (2000) fueron obtenidas para cada sexo y para cada longitud del hueso, la autora explica que el resultado de la ecuación entre paréntesis arroja el valor predicho de la talla seguido del intervalo de confianza al 95% para esa estimación.

#### 5.5. Fórmulas matemáticas por sexo

##### **Formulas regresivas: Sexo femenino**

$$\text{TALLA} = [55.63 + 0.2428 \text{ LFF}] \pm 5.92$$

$$\text{TALLA} = [57.86 + 0.2359 \text{ LPF}] \pm 5.96$$

##### **Formulas regresivas: Sexo masculino**

$$\text{TALLA} = [47.18 + 0.2663 \text{ LFF}] \pm 6.90$$

$$\text{TALLA} = [46.89 + 0.2657 \text{ LPF}] \pm 6.96$$

Siendo:

LFF: longitud fisiológica del fémur.

LPF: longitud perpendicular del fémur.

### 5.5.1. Explicación de formula

La fórmula regresiva que la autora uso por grupos para cada sexo y para cada longitud de hueso fue la siguiente:

$$Y = ( a + bx ) \pm 2S$$

Dónde:

**Y:** es la talla que se pretende estimar

**a:** ordenada en el origen

**b:** es la pendiente

**x:** longitud del hueso

**S:** el error estándar

Al realizar los análisis de regresión múltiple los valores encontrados y remplazados en la formula fueron los siguientes:

#### **Para el sexo femenino**

#### **Longitud Fisiológica del Fémur**

Lo valores de los coeficientes de la recta son:  $a = 55.63$  y  $b = 0.2428$

Según la pendiente hallada a partir de los análisis estadísticos por cada unidad de milímetro que aumenta la longitud fisiológica del fémur, la talla aumenta en 0,2428 centímetros.

### **Longitud Perpendicular del Fémur**

Lo valores de los coeficientes de la recta son:  $a= 57.86$  y  $b=0.2359$

Según la pendiente hallada para esta fórmula de regresión, por cada unidad de milímetro que aumenta la longitud perpendicular del fémur, la talla aumenta en 0,2359 centímetros.

### **Para el sexo masculino**

#### **Longitud Fisiológica del Fémur**

Lo valores de los coeficientes de la recta son:  $a= 47.18$  y  $b=0.2663$

Según la pendiente hallada para esta fórmula, por cada unidad de milímetro que aumenta la longitud fisiológica del fémur, la talla aumenta en 0,2663 centímetros.

#### **Longitud Perpendicular del Fémur**

Lo valores de los coeficientes de la recta son:  $a= 46.89$  y  $b=0.2657$

Según la pendiente hallada para esta fórmula regresiva, por cada unidad e milímetro aumenta la longitud perpendicular del fémur, la talla aumenta en 0,2657 centímetros.

### **5.5.2. Tablas de consulta.**

Mondonça, a partir de las formulas regresivas creo tablas de consulta para la talla, entonces el valor de la talla que se predijo con las formulas indican el valor medio de las mismas, las tablas también fueron elaboradas por sexos. Se agrega que, al valor de la talla media estimada en la tabla, es necesario agregarle el intervalo de confianza específico para cada longitud y sexo.

Tabla 2. Tabla de consulta para el sexo femenino

*Estimación de la talla a partir de la longitud de los huesos largos***SEXO FEMENINO**

HÚMERO Longitud total (mm)	TALLA MEDIA (cm)	FÉMUR	
		Longitud fisiológica (mm)	Longitud perpendicular (mm)
247	140	347	348
250	141	352	352
254	142	356	357
257	143	360	361
260	144	364	365
263	145	368	369
267	146	372	374
270	147	376	378
273	148	380	382
276	149	385	386
280	150	389	391
283	151	393	395
286	152	397	399
290	153	401	403
293	154	405	408
296	155	409	412
299	156	413	416
303	157	418	420
306	158	422	425
309	159	426	429
312	160	430	433
316	161	434	437
319	162	438	441
322	163	442	446
325	164	446	450
329	165	450	454
332	166	455	458
335	167	459	463
338	168	463	467
342	169	467	471
345	170	471	475
348	171	475	480
352	172	479	484
355	173	483	488
358	174	488	492
361	175	492	497
365	176	496	501
368	177	500	505
371	178	504	509
374	179	508	514
378	180	512	518

**Tabla 3. Tabla de consulta para el sexo masculino**

*Estimación de la talla a partir de la longitud de los huesos largos*

**SEXO MASCULINO**

HÚMERO	TALLA	FÉMUR	
Longitud total (mm)	MEDIA (cm)	Longitud fisiológica (mm)	Longitud perpendicular (mm)
277	150	386	388
280	151	390	392
283	152	394	396
286	153	397	399
289	154	401	403
292	155	405	407
295	156	409	411
299	157	412	414
302	158	416	418
305	159	420	422
308	160	424	426
311	161	427	429
314	162	431	433
317	163	435	437
320	164	439	441
323	165	442	445
326	166	446	448
329	167	450	452
332	168	454	456
335	169	457	460
338	170	461	463
341	171	465	467
344	172	469	471
347	173	472	475
351	174	476	478
354	175	480	482
357	176	484	486
360	177	487	490
363	178	491	493
366	179	495	497
369	180	499	501
372	181	503	505
375	182	506	509
378	183	510	512
381	184	514	516
384	185	518	520
387	186	521	524
390	187	525	527
393	188	529	531
396	189	533	535
399	190	536	539

## 5.6. Análisis estadístico

Los datos obtenidos serán registrados en el programa SPSS 24.0 previamente licenciado para la Universidad de Antioquia según lo estipulado por la ley, en esta base de datos serán introducidas todas las variables con las convenciones antes mencionadas y todas las medidas tomadas para su posterior análisis.

En primer lugar se realizara un análisis descriptivo de cada variable para caracterizar la muestra: se realizaran distribuciones de frecuencias, se hallarán las medias, la varianza, desviaciones estándar que son importantes para identificar el promedio de puntuaciones de desviación respecto a la media y valores máximos y mínimos. Este análisis descriptivo primero se realizara para la muestra en general y luego se aplicara por grupos de sexo para identificar como varia la talla entre estos, también se realizaran grupos de talla con el fin de observar en cuales grupos se concentran los datos.

Consiguientemente se realizaran las pruebas de normalidad requeridas para comprobar que sí se cumplan los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza para las variables del estudio y así continuar con los análisis paramétricos con el fin de probar las hipótesis del trabajo; a continuación se realizarán dos pruebas *t de Student* para muestras independientes, la primera con el fin de identificar si las medias en los promedios de las dos tallas halladas a partir de las dos fórmulas propuestas son estadísticamente diferentes y la segunda se realizará a los dos grupos de sexo (femenino y masculino) con el propósito de identificar si las medias halladas difieren estadísticamente entre los dos grupos.

También se determinara el coeficiente de correlación de Pearson para analizar la relación entre las variables de razón, también se realizara regresión lineal simple y multivariada para estimar el posible efecto que tengan algunas variables sobre las otras, Sampieri (2010) plantea que el coeficiente  $r$  de Pearson junto con la regresión lineal simple brinda la oportunidad de predecir las puntuaciones de una variable tomando las puntuaciones de otra variable y mientras mayor sea esta correlación entre variables abra mayor capacidad de predicción, así mismo, con la regresión lineal multivariada podría estimarse cuál es la

variable independiente que predice mejor las puntuaciones de la variable dependiente, es decir la estatura.



## 6. RESULTADOS

Como se explicó anteriormente y de acuerdo al método empleado de Mendonça (2000) para la longitud del fémur se tomaron dos medidas diferentes (LFF y LPF) la autora plantea que “ambas formas de medición son metodológicamente correctas y pueden usarse indistintamente” (2000:105). Añade que “Entre una y otra longitud del fémur las diferencias pueden exceder los dos centímetros, dependiendo del ángulo de inclinación del fémur (...). Sin embargo, el comportamiento de la regresión para cada una de estas longitudes con relación a la talla del individuo es superponible, ósea el coeficiente de regresión es semejante” (2000:106).

Teniendo en cuenta lo anteriormente planteado, con las dos longitudes tomadas se estimaron dos variables para la talla total y cada talla estimada a partir de la longitud correspondiente fue tomada como una muestra independiente, es decir: la talla (cm) LFF y la LFF, componen una muestra y la Talla (cm) LPF y la LPF componen la otra muestra.

El primer paso para el tratamiento estadístico de los datos consistió en análisis descriptivo de las variables consideradas en el trabajo, como variables dependientes se consideraron la Talla (cm) LFF y la Talla (cm) LPF las variables independientes fueron la Longitud Fisiológica del Fémur (LFF), Longitud Perpendicular del Fémur (LPF) y el sexo.

Como se observa en la tabla I, ambas tallas estimadas a partir de la Longitud Fisiológica del Fémur (LFF) y la estimada a partir de la Longitud Perpendicular del Fémur (LPF) arrojan un resultado igual para la media poblacional siendo de 160 centímetros aunque la media de la LFF y la LPF presentan una diferencia de 2 centímetros –que como ya se había explicado se debe al ángulo de inclinación- siendo 426 milímetros y 428 milímetros respectivamente, esto no altero la media de la talla.

**Tabla 4. Estadísticos descriptivos para ambos sexos por cada variable**

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Varianza
Talla (cm) LFF	27	146,6	173,4	160,441	7,0848	50,194
Talla (cm) LPF	27	146,7	174,4	160,319	7,0916	50,291
LFF (mm)	27	375	474	426,41	25,919	671,789
LPF (mm)	27	377	480	428,00	26,197	686,308
N válido (por lista)	27					

Al realizar el análisis estadístico por sexos, en la tabla II se observa que la talla estimada para el sexo femenino varía entre 146 y 163 centímetros siendo la talla media de 153 centímetros en ambos parámetros (LFF y LPF); por otra parte la LFF varía entre 442 y 375 milímetros siendo la media de 403 milímetros y por último la LPF varía entre 446 y 377 con una valor de 405 milímetros para la media. Se observa que para el sexo femenino las variables independientes predicen el mismo valor medio para la talla.

**Tabla 5. Estadísticos descriptivos para el sexo femenino**

	<b>Sexo Femenino (N=07)</b>				
	Media	Desviación estándar	Máximo	Mínimo	Varianza
Talla (cm) LFF	153,4	5,4	163,0	146,6	29,3
Talla (cm) LPF	153,4	5,4	163,0	146,7	29,6
LFF (mm)	403	22	442	375	489
LPF (mm)	405	23	446	377	516

En segundo lugar a diferencia del sexo femenino para el sexo masculino los valores de la talla varían entre 152 y 173 centímetros (tabla III) presentándose mayor variabilidad con un rango de 21 centímetros entre los valores máximos y mínimos; la media para ambas tallas estimadas es de 162 centímetros, si observamos, las medias para la talla entre hombres y mujeres varia en 9 centímetros. Por otra parte también se observa que los rangos y las medias estimadas para la LFF y la LPF son diferentes pero también predicen el mismo valor para la talla total.

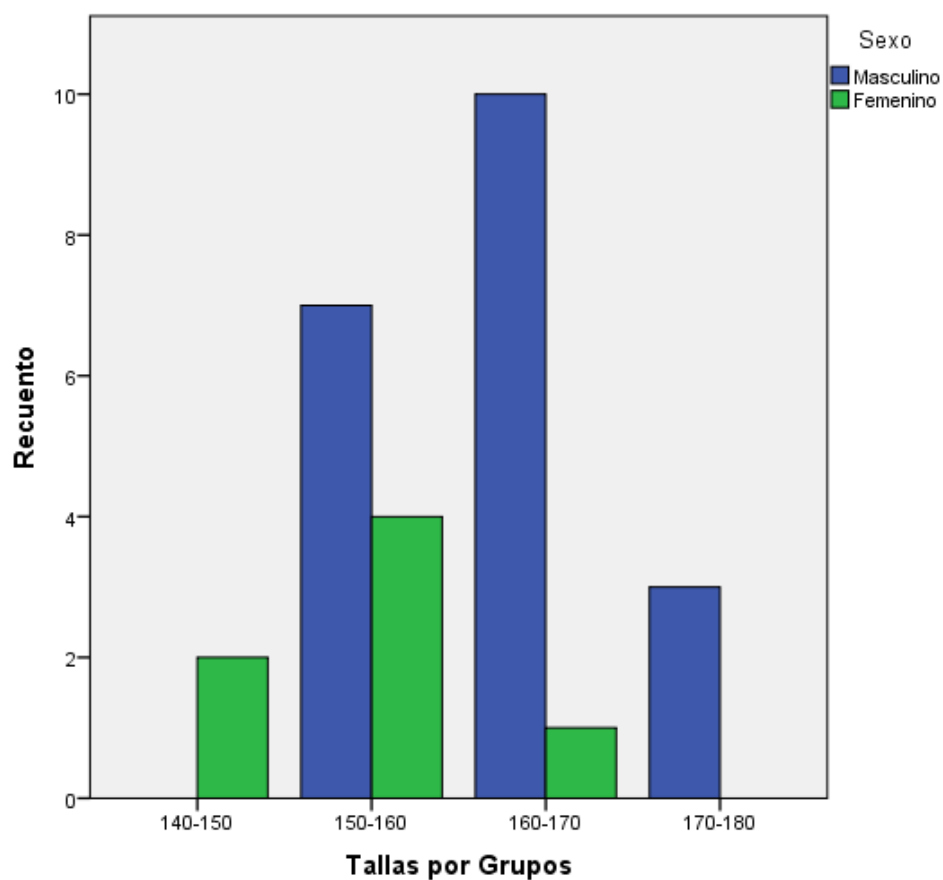
**Tabla 6. Estadísticos descriptivos para el sexo masculino**

	<b>Sexo Masculino (N=20)</b>				
	Media	Desviación estándar	Máximo	Mínimo	Varianza
Talla (cm) LFF	162,9	5,9	173,4	152,0	35,0
Talla (cm) LPF	162,7	6,0	174,4	152,3	35,9
LFF (mm)	435	22	474	394	492
LPF (mm)	436	23	480	397	507

Al agrupar los datos para ambos sexos sobre la talla en cuatro grupos diferentes que comprenden intervalos de a 10 centímetros, la tabla IV evidencia como los valores para la talla de más del 80% de los individuos que pertenecen a la muestra se concentra entre 150 y 170 centímetros. Por otro lado en el grafico I se aprecia la diferencia en las estaturas por sexos.

**Tabla 7. Distribución de frecuencias para ambos sexos en grupos de talla**

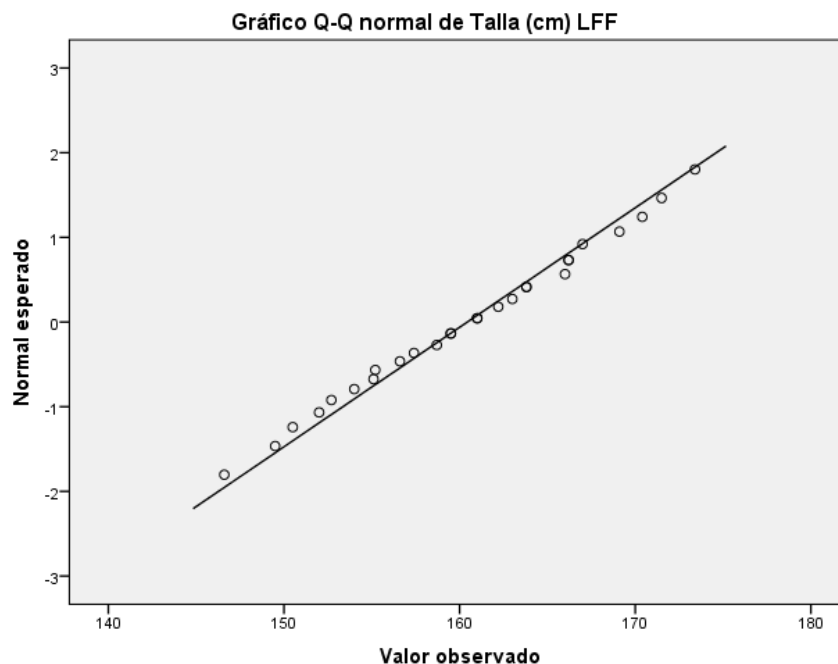
<b>Tallas por Grupos</b>				
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje	Porcentaje
	a		válido	acumulado
140-150	2	7,4	7,4	7,4
150-160	11	40,7	40,7	48,1
160-170	11	40,7	40,7	88,9
170-180	3	11,1	11,1	100,0
Total	27	100,0	100,0	

**Figura 4. Muestra general separada por sexos y por grupos de talla**

## Pruebas de normalidad

Luego de realizar toda la estadística descriptiva se procedió a realizar las pruebas de normalidad para las variables dependientes. Al graficar la variable talla estimada a partir de la Longitud Fisiológica del Fémur (Grafico II), se observa una distribución normal en los datos que luego es corroborada con la prueba Shapiro-Wilk (tabla V), siendo el valor  $p = 0,946 > 0,05$ , por lo tanto se puede afirmar que los datos en relación a la talla (cm) LFF de los individuos presentan una distribución normal. Siendo así puede aplicarse a los datos pruebas de hipótesis paramétricas.

**Figura 5. Prueba de normalidad para la Talla estimada a partir de la Longitud Fisiológica del Fémur**

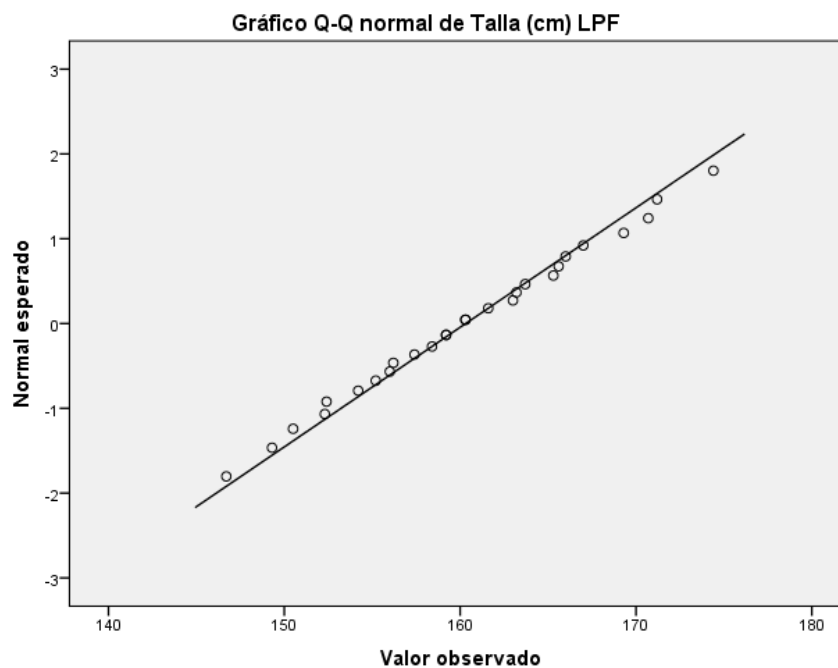


**Tabla 8. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para la variable Talla (cm) LFF**

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Talla (cm) LFF	,984	27	,946

En el gráfico III también puede observarse una distribución normal para la variable talla (cm) LPF y en la tabla VI el valor  $p. = 0,991 > 0,05$  para la prueba Shapiro-Wilk que confirma los datos de la gráfica, es decir que la distribución es normal para esta variable por lo que también pueden aplicarse pruebas de hipótesis paramétrica.

**Figura 6. Prueba de normalidad para la Talla estimada a partir de la Longitud Perpendicular del Fémur**



**Tabla 9. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para la variable Talla (cm) LPF**

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Talla (cm) LPF	,989	27	,991

**Prueba T-Student**

Se realizó una prueba t de Student para muestras independiente con el fin de evaluar la diferencia de medias entre las dos tallas halladas a partir de la LFF y la LPF. El valor promedio para la variable Talla (cm) LFF es de 160,44 cm y para la Talla (cm) LPF es de 160,32 cm (ver tabla VII); en la tabla VIII se aprecia que la prueba de Levene indica que el valor-p = 0,932 > 0,05 por lo que se infiere que las varianzas para ambos sexos son iguales y en la prueba t (tabla VIX) se observa que la diferencia entre las dos medias es de 0,1222 cm. Por otro lado, también se observa que el valor-p (bilateral) para igualdad de varianzas es de 0,950 > 0.05 lo que se infiere que el promedio para las dos tallas es estadísticamente igual y siendo así podría concluirse que es indiferente el tipo de talla que se use en los análisis estadísticos además que cualquiera de las dos fórmulas podría usarse para estimar la talla total de los individuos ya que no hay diferencias significativas en ambas variables.

**Tabla 10. Estadísticas de grupo para las variables Talla (cm) LFF y Talla (cm) LPF**

		N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Talla	LFF	27	160,4407	7,08478	1,36347
	LPF	27	160,3185	7,09160	1,36478

**Tabla 11. Prueba de Levene para igualdad de varianzas para las variables Talla (cm) LFF y Talla (cm) LPF**

		Prueba de Levene de calidad de varianzas	
		F	Sig.
Talla	Se asumen varianzas iguales	,007	,932
	No se asumen varianzas iguales		

**Tabla 12. Prueba t de *student* para igualdad de medias**

		prueba t para la igualdad de medias						
		t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
							Inferior	Superior
Talla	Se asumen varianzas iguales	,063	52	,950	,12222	1,92916	-3,74892	3,99337
	No se asumen varianzas iguales	,063	52,000	,950	,12222	1,92916	-3,74892	3,99337



Para comparara la diferencia de medias en la talla por sexos se realizó una prueba t de Student para muestras independientes usando la variable Talla (cm) LFF en donde la prueba de Levene indica que el valor-p = 0,607 > 0,05 (tabla XI) por lo que se acepta la hipótesis nula y se concluye que las varianzas para ambos sexos son iguales. En este caso en la prueba t (tabla XII) el valor sig. (bilateral) correspondiente es de 0,001 < 0,05 por lo que se asume que los promedios en la talla son estadísticamente diferentes en el sexo femenino y en el sexo masculino, por lo que se infiere que la talla si depende del sexo.

**Tabla 13. Estadísticas de grupo para la variable sexo**

	Sexo	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Talla (cm) LFF	Masculino	20	162,895	5,9150	1,3226
	Femenino	7	153,429	5,4104	2,0449

**Tabla 14. Prueba de Levene para igualdad de varianzas en los grupos de sexo**

		Prueba de Levene de calidad de varianzas	
		F	Sig.
Talla (cm) LFF	Se asumen varianzas iguales	,271	,607
	No se asumen varianzas iguales		

**Tabla 15. Prueba t de *student* para igualdad de medias en la variable sexo**

		prueba t para la igualdad de medias						
		t	gl	Sig. (bilateral)	Diferenci a de medias	Diferenci a de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
							Inferior	Superior
Talla (cm) LFF	Se asumen varianzas iguales	3,718	25	,001	9,4664	2,5462	4,2225	14,7104
	No se asumen varianzas iguales	3,887	11,43 8	,002	9,4664	2,4354	4,1311	14,8018

### Correlaciones de Pearson

Aplicando el coeficiente de correlación R de Pearson entre todas las variables se observa en la tabla XIII que cada una de ellas tiene una relación positiva con las demás lo que reafirma el método de Mendonça de que cada talla predicha a partir de cada medida tomada tiene un alto índice de correlación lo que permite predecir la estatura de los individuos. Se puede apreciar que el coeficiente de correlación R para la variable Talla (cm) LFF y la variable LFF es de 0,998 y que para la variable Talla (cm) LPF y la variable LPF es de 0,997.

Por otro lado, también se observa que el valor  $p < 0,05$  en todas las variables consideradas en el análisis por lo que se infiere que existe relación entre todas ellas.

**Tabla 16. Matriz de correlaciones para todas las variables**

		Talla (cm) LFF	Talla (cm) LPF	LFF (mm)	LPF (mm)
Talla (cm) LFF	Correlación de Pearson	1	,998**	,998**	,995**
	Sig. (bilateral)		,000	,000	,000
	N	27	27	27	27
Talla (cm) LPF	Correlación de Pearson	,998**	1	,997**	,997**
	Sig. (bilateral)	,000		,000	,000
	N	27	27	27	27
LFF (mm)	Correlación de Pearson	,998**	,997**	1	,999**
	Sig. (bilateral)	,000	,000		,000
	N	27	27	27	27
LPF (mm)	Correlación de Pearson	,995**	,997**	,999**	1
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	
	N	27	27	27	27

## Regresión lineal

### Talla estimada a partir de la Longitud Fisiológica del Fémur

Para este modelo predictivo se observa en el coeficiente de determinación en la tabla XIV (R cuadrado= 0,995) que la LFF tiene un efecto positivo sobre la talla de un 99,5% el otro 5% se explica por otros factores debidos al error experimental, por otra parte en el análisis de varianza (tabla XV) el valor  $p < 0,05$  por lo que se rechaza la hipótesis nula y se puede afirmar que existe una independencia de la LFF respecto a la talla.

**Tabla 17. R cuadrado para longitud fisiológica del fémur**

Resumen del modelo				
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,998 <sup>a</sup>	,995	,995	,5080

a. Predictores: (Constante), LFF (mm)

**Tabla 18. Análisis de varianza para la longitud fisiológica del fémur**

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	1298,593	1	1298,593	5031,667	,000 <sup>b</sup>
	Residuo	6,452	25	,258		
	Total	1305,045	26			

a. Variable dependiente: Talla (cm) LFF

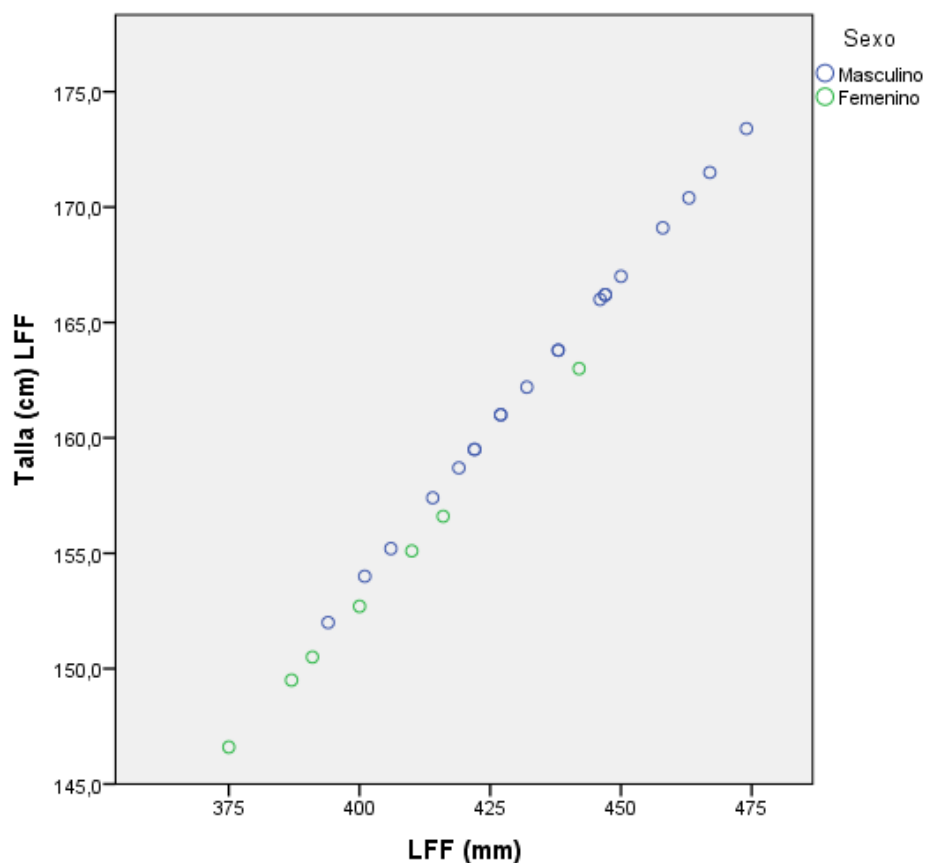
b. Predictores: (Constante), LFF (mm)

**Tabla 19. Coeficientes del análisis de regresión**

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Error estándar	Beta		
1	(Constante)	44,173	1,642		26,902	,000
	LFF (mm)	,273	,004	,998	70,934	,000

a. Variable dependiente: Talla (cm) LFF

En el siguiente grafico de dispersión se observa la relación lineal entre la variable Talla (cm) LFF y la LFF (mm) para ambos sexos.

**Figura 7. Diagrama de dispersión de la Talla (cm) LFF y la LFF por sexos.**

### Talla estimada a partir de la Longitud perpendicular del fémur

Considerando el coeficiente de determinación en la tabla XVII (R cuadrado= 0,994) La LPF tiene un efecto positivo sobre la talla de un 99,4% el otro 6% se explica por otros factores debidos al error experimental y observando en análisis de varianza en la tabla XVIII el valor  $p < 0,05$  por lo que se rechaza la hipótesis nula y se puede afirmar que existe una independencia de la LPF respecto a la talla.

**Tabla 20. R cuadrado para la longitud perpendicular del fémur**

Resumen del modelo				
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,997 <sup>a</sup>	,994	,994	,5567

a. Predictores: (Constante), LPF (mm)

**Tabla 21. Análisis de varianza para longitud perpendicular del fémur**

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	1299,813	1	1299,813	4193,949	,000 <sup>b</sup>
	Residuo	7,748	25	,310		
	Total	1307,561	26			

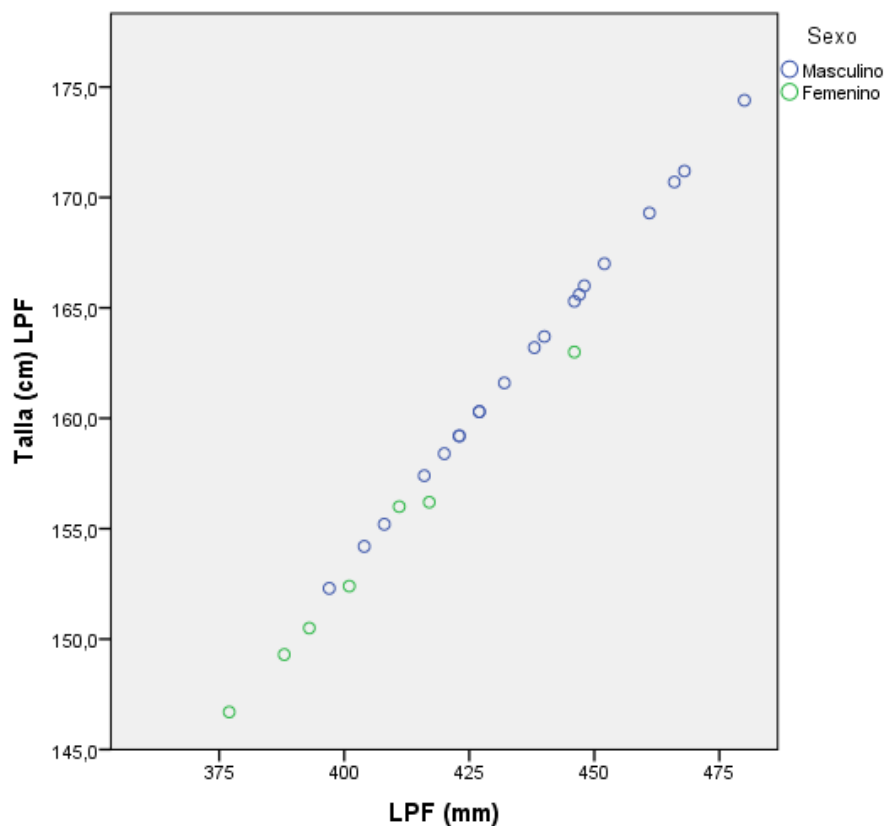
a. Variable dependiente: Talla (cm) LPF

b. Predictores: (Constante), LPF (mm)

**Tabla 22. Coeficientes del análisis de regresión**

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Error estándar	Beta		
1	(Constante)	44,804	1,787		25,073	,000
	LPF (mm)	,270	,004	,997	64,761	,000

En el gráfico de dispersión que se presenta a continuación puede observarse la relación lineal entre la variable Talla (cm) LPF y la LPF (mm) para ambos sexos. Y también se evidencia que en comparación con la otra muestra las diferencias no son significativas.

**Figura 8. Diagrama de dispersión de la Talla (cm) LPF y la LPF por sexos.**

## 7. DISCUSIÓN

En el campo de la antropología forense la estatura ha sido la característica menos trabajada, dadas las dificultades que se presentan a la hora basar las investigaciones en los documentos oficiales en cuanto a la talla de los individuos se refiere. En Colombia los antropólogos han mostrado considerables avances investigativos para hacer que la antropología forense sea una parte integral del sistema médico, sin embargo la estimación de la estatura al ser uno de los aspectos más difíciles de la antropología forense se ha caracterizado por ser una de las pocas áreas menos investigadas por los antropólogos latinoamericanos (İşcan & Olivera, 2000).

En el presente trabajo el objetivo principal fue evaluar la variabilidad poblacional en la estatura de una muestra de individuos pertenecientes a la colección osteológica del Laboratorio de Antropología Osteológica de la Universidad de Antioquia, para este fin se usó el método de Mondonça (2000) creado en una población portuguesa.

La razón principal para usar este método se basa en que las características fisiológicas de ambas poblaciones se asemejan, por lo que este método podría ser un buen estimador de la estatura para la población antioqueña y se eligieron las fórmulas de regresión creadas para las longitudes del fémur ya que aunque se haya afirmado que la tibia es el mejor estimador de la estatura y el más apropiado para reconstruir la talla, en la población colombiana al parecer el fémur hueso más apropiado, lo que tendría que ver con las proporciones corporales que manifiestan las mezcla de grupos indígenas con tronco largo y piernas cortas y españoles de tronco corto y piernas largas (Rodríguez, 2011).

Siguiendo a İşcan & Olivera (2000) de acuerdo al mestizaje de poblaciones entre los indígenas americanos, los europeos y los africanos que ha sucedido en Latinoamérica desde la colonia, se ha propuesto que la población actual es el resultado de “configuraciones histórico culturales” compuestas por estos tres grupos. Más aun Rodríguez (1994) cita a Yunis (1992) quien plantea que la población antioqueña esta genéticamente distribuida así: caucasoide con un porcentaje entre 65% y 73%, mongoloide se encuentra con un porcentaje entre 14% y 29% y negroide entre 5,9% y 14,5%. Estos porcentajes dan información acerca el alto componente



europeo en la población antioqueña lo que indica la razón por la cual el método de Mendonça (2000) ha sido considerado como un método que puede estimar con certeza la estatura de dicha población. Hens, et al. (2000) exponen que la preferencia por un modelo de regresión particular debe basarse en factores biológicos.

Expuesto lo anterior y entrando en detalle, en este trabajo no se tomó como variable independiente la edad ya que dentro de los criterios de exclusión solo se tuvieron en cuenta individuos que estuvieran entre los 19 y 50 años de edad en donde los procesos degenerativos o la inmadurez ósea no pudieran alterar los resultados en las mediciones tomadas, además cuando las formulas fueron creadas por Mendonça no se tuvo en cuenta correcciones en función de la edad ya que esta no alteraba los resultados que se buscaban obtener. Contrastando con lo planteado por Mendonça para la edad Jeong y Jantz (2016) exponen en su investigación, que incluso en el caso de que la reducción de la estatura de algún individuo se produjera y afectara el cálculo de la altura del esqueleto, su efecto debería ser marginal ya que con base en el factor de corrección de Trotter y Gleser (1951) la altura del esqueleto disminuye 0,06 cm por año y Raxter (2006) especula que el tejido blando se reduce aproximadamente 0.0426 cm por año y que la altura del esqueleto se reduce 0.0174 cm por año, y si se acepta su propuesta sin tener en cuenta la reducción de la altura del esqueleto, durante 30 años solo obtendría un diferencia posible de 0,522 cm en la estimación final de la estatura por lo que este resultado no debería tener un significado practico.

Hecha esta salvedad, en este trabajo de tesis se usaron las formulas propuestas para ambas longitudes del fémur, a saber, la longitud fisiológica, oblicua o bicondílea y la longitud perpendicular o máxima, durante el análisis ambas tallas estimadas a partir de la dos diferentes fórmulas fueron tomadas como muestras independientes ya que la autora plantea que las dos son metodológicamente correctas y pueden usarse indistintamente (Mendonça, 2000) por lo que una no altera el resultado de la otra.

Ciertamente en análisis de los datos pudo darse fe de lo planteado, dado a que ambas fórmulas arrojan el mismo valor de la media para la talla, y al realizar la *prueba t* para muestras independientes se encontró que el promedio para las dos tallas es estadísticamente igual, lo que indica que cualquiera de las dos fórmulas puede usarse para estimar la talla sin tener el riesgo de obtener resultados diferentes. En este punto se debe agregar que cuando se

estima la talla a partir de cualquiera de las dos fórmulas es necesario aplicar el intervalo de confianza al valor hallado.

A su vez en la *prueba t* que se realizó para comparar la media de la talla por sexos se observa que los promedios entre los sexos son estadísticamente diferentes por que se infiere que la talla tiene una variabilidad significativa dependiendo del sexo, siendo este promedio en un valor para la talla menor para el sexo femenino que para el masculino con una diferencia en la media de 9 centímetros.

Así mismo se observa que aunque la media de los sexos difiera en promedios, los datos para ambos sexos se concentran entre 150 y 170 centímetros de estatura, pero no se hallaron hombres que tengan una estatura entre los 140 y 150 centímetros ni mujeres que tengan una estatura entre 171 y 180 centímetros. Entre los sexos también se observa mayor variabilidad en la estatura para los hombres que para las mujeres ya que en los hombres la desviación estándar es mucho mayor que la de las mujeres y además se halla un rango de 22 centímetros entre los valores máximos y mínimos mientras que en las mujeres este rango es de 17 centímetros. Los resultados arrojados por este trabajo indican que la población de referencia es altamente dimórfica y que este dimorfismo sexual se expresa claramente en la altura del esqueleto

Ubelaker & Degaglia (2017) escriben que los estudios han reconocido las obvias diferencias de sexo para la estatura, el peso y las variables relacionadas durante el desarrollo incluyendo la velocidad en el crecimiento relacionada con la edad, así mismo la variación de la población en cuanto a la expresión del dimorfismo sexual en el esqueleto se refiere, es el resultado de las influencias del crecimiento y el desarrollo.

En algunas investigaciones recientes se han encontrado resultados semejantes a los hallados en este trabajo, por ejemplo Ross, et al. (2001) en su investigación “Implications of dimorphism, population variation, and secular change in estimating population affinity in the Iberian Peninsula” en la *prueba t* para muestras independientes hallaron que los hombres y las mujeres varían significativamente de tamaño dentro de cada grupo, siendo los hombres los que generalmente son más altos que las mujeres; por otra parte Chibba & Bidmos (2007) en su investigación “Using tibia fragments from South Africans of European descent to estimate

maximum tibia length and stature” también describen que en sus resultados los hombres presentan un valor medio más alto que las mujeres, también encuentran que la desviación estándar tiene un mayor valor en los hombres que en las mujeres lo que indica mayor variabilidad en los hombres finalmente también indicaron que las ecuaciones de regresión derivadas para las mujeres presenta mayor precisión que las de los hombres debido a la mayor variabilidad que estos tienen.

Teniendo en cuenta esta conclusión tomada de la investigación de Chibba y Bidmos (2007) y contrastándola con las formulas propuestas por Mendonça (2000) concuerdan en que en las formulas propuestas por los autores el intervalo de confianza es menor para las mujeres que para los hombres lo que también demuestra una menor variabilidad en las mujeres que pertenecieron a la muestra estudiada por Mendonça.

Finalmente en el presente estudio se pudieron llevar cabo los objetivos propuestos a través de los resultados obtenidos en el análisis, sin embargo y pesar de las limitaciones metodológicas debe tenerse en cuenta el planteamiento de investigadores antes mencionados acerca de la necesidad que tiene cada población de crear sus propias formulas, sigue existiendo la necesidad de proponer nuevos métodos para estimar la estatura para la población colombiana y de esta forma también probar la validez de los que se usan en la actualidad en la identificación forense.

## 8. CONCLUSIONES

Este trabajo de tesis tenía como propósito principal evaluarla variabilidad de la población estudiada, hallándose en el análisis estadístico de los datos que se evidencia mayor variabilidad en las longitudes del fémur y de la talla estimada de hombres que de mujeres teniendo en cuenta la desviación estándar y los valores máximos y mínimos que presentan valores más altos para el sexo masculino.

Así mismo se halla una diferencia estadísticamente significativa para ambas longitudes del fémur de hombres y mujeres, y tal diferencia se basa en que los hombres presentan una mayor longitud fisiológica y perpendicular en relación con las mujeres, donde se infiere que al presentarse mayores longitudes del fémur para el sexo masculino también se presentan valores más altos en la estatura, razón por la cual se concluye que existe gran diferencia entre ambos sexos, teniendo las mujeres estaturas más bajas que los hombres.

Dicho lo anterior los datos evidencian que la estatura muestra una gran variabilidad que se manifiesta con un marcado dimorfismo sexual; no solo porque el sexo masculino presenta mayor variabilidad en los valores para la talla, sino también porque presenta mayores longitudes en el fémur y en la talla que el sexo femenino. Este punto hace necesario traer a colación el hecho de que al tratar de establecer el perfil biológico de un individuo debe seguirse un orden y cuando se trata del sexo y la estatura, el sexo debe determinarse primero ya que de lo contrario podrían estimarse valores errados.

En relación con el método empleado luego de realizar todos los análisis necesarios a los datos, se encontró que al usar las dos medias propuestas por Mendonça (2000) para las dos longitudes del fémur no se hallaron diferencias estadísticamente significativas en los resultados que ambas arrojan para estimar la talla en la muestra seleccionada, por lo que cualquiera de las dos fórmulas puede ser usada para estimar la estatura.

Sin embargo una de las limitaciones que presenta el método, es que para poder aplicarse el hueso debe estar íntegro, y en contextos forenses y arqueológicos es recurrente hallar los huesos fragmentados por lo que el método ya no tendría validez al tratar de reconstruir la estatura.

Para concluir es necesario mencionar que es de suma importancia para la antropología forense que en nuevas investigaciones para la estatura de individuos colombianos -a pesar de las limitaciones metodológicas-, se creen métodos propios de la población y así también puede abrirse la posibilidad de validar los que se han venido usando.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

Albanese, J., et al. (2016). *An alternative approach for estimating stature from long bones that is not population-or group-specific*. *Forensic science international*, 259, 59-68.

Auerbach, B. M. (2011). *Methods for estimating missing human skeletal element osteometric dimensions employed in the revised fully technique for estimating stature*. *American journal of physical anthropology*, 145(1), 67-80.

Baba, M., et al. (2016). *Stature estimation from anatomical landmarks in femur using postmortem CT*. *Journal of Forensic Radiology and Imaging*, 7, 28-32.

Baines, K., et al. (2016). *Stature*. En *Forensic Anthropology: 2000-2010*, pp. 95-118.

Belmonte, M. T. (2013). *Estimación de la estatura a través de la tibia en población española contemporánea*. Universidad de Granada.

Bielicki, T., & Szklarska, A. (2000). *Are social-class differences in stature partly genetic? A hypothesis revisited*. *American Journal of Human Biology*, 12(1), 97-101.

Black, S. & Ferguson, E. (2011). *Forensic anthropology: 2000 to 2010*. Taylor & Francis.

Brits, D. et al. (2017). *Stature estimation from the femur and tibia in Black South African sub-adults*. *Forensic Science International*, 270, 277-e1.

Cameron, N. (2002). *Human Growth Curve, Canalization, and Catch-Up Growth-1*. *Human growth and development*. San Diego, CA: Academic Press. p, 1-21.

Carretero, J., et al. (2012). *Stature estimation from complete long bones in the Middle Pleistocene humans from the Sima de los Huesos, Sierra de Atapuerca (Spain)*. *Journal of human evolution*, 62(2), 242-255.

Carter, D. & Beaupré, G. (2007). *Skeletal function and form: mechanobiology of skeletal development, aging, and regeneration*. Cambridge University Press.

Chibba, K., & Bidmos, M. A. (2007). *Using tibia fragments from South Africans of European descent to estimate maximum tibia length and stature*. *Forensic science international*, 169(2), 145-151.

Currey, J. D. (2002). *Bones: structure and mechanics*. Princeton university press.

Czerwinski, S. et al. (2007). *Genetic factors in physical growth and development and their relationship to subsequent health outcomes*. *American Journal of Human Biology*, 19(5), 684-691.

DayaL, M, et.al. (2008). *Stature estimation from bones of South African whites*. *South African Journal of Science*, 104(3-4), 124-128..

De Mendonça, M. C. (1998). *Contribución para la identificación humana a partir del estudio de las estructuras óseas*. Determinación de la talla a través de la longitud de los huesos largos, Universidad Complutense de Madrid.

De Mendonca, M. C. (2000). *Estimation of height from the length of long bones in a Portuguese adult population*. *American Journal of physical anthropology*, 112(1), 39-48.

Duyar, I., & Pelin, C. (2003). *Body height estimation based on tibia length in different stature groups*. *American journal of physical anthropology*, 122(1), 23-27.

Eveleth, P., & Tanner, J. (1976). *Worldwide variation in human growth* (Vol. 8). CUP Archive.

Feldesman, M. R. (1992). *Femur/stature ratio and estimates of stature in children*. *American Journal of Physical Anthropology*, 87(4), 447-459.

Feldesman, M. R.,et al. (1990). *Femur/stature ratio and estimates of stature in mid-and late-pleistocene fossil hominids*. *American Journal of Physical Anthropology*, 83(3), 359-372.

Felts, W. J. (1954). *The prenatal development of the human femur*. *Developmental Dynamics*, 94(1), 1-44.

Gardner, E., & Gray, D. J. (1970). *The prenatal development of the human femur*. American Journal of Anatomy, 129(2), 121-140.

Goodman A., et al. (1984). *Health changes at the Dickson Mounds, Illinois (AD 950–1300)*. In: Cohen MN, Armelagos GJ, editors. *Paleopathology at the origins of agriculture*. New York: Academic Press. Pp. 271–305

Gosman, J. H. (2012). *Growth and Development: morphology, mechanisms and abnormalities*. Bone Histology. An Anthropological Perspective.

GRUPO, D. M. H. (2014). Normas y dimensiones de la desaparición forzada en Colombia, tomo 1. Recuperado de <http://www.centrodememoriahistorica.gov.co/descargas/informes2014/desaparicion-forzada/Tomo-I.pdf>

Hauser, R., et al. (2005). *The estimation of stature on the basis of measurements of the femur*. Forensic science international, 147(2), 185-190.

Hens, S. M., et al. (2000). Estimating stature in fossil hominids: which regression model and reference sample to use?. Journal of Human Evolution, 38(6), 767-784.

Himes, J. H. (2004). *Why study child growth and maturation*. Methods in human growth research, p. 3-26.

İşcan, M. Y. (1995). *Forensic anthropology around the world*. Forensic Science International, 74(1), 1-3.

İşcan, M. Y. (2005). *Forensic anthropology of sex and body size*. Forensic Science International, 147(2), 107-112.

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

İşcan, M. Y., & Olivera, H. E. (2000). *Forensic anthropology in Latin America*. Forensic science international, 109(1), 15-30.



Jantz, L. M., & Jantz, R. L. (1999). *Secular change in long bone length and proportion in the United States, 1800–1970*. *American Journal of Physical Anthropology*, 110(1), 57-67.

Jeong, Y., & Jantz, L. M. (2016). *Developing Korean-specific equations of stature estimation*. *Forensic science international*, 260, 105-e1.

Johnston, F. E. (2002). *Social and economic influences on growth and secular trends*. *Human growth and development*. San Diego, CA: Academic Press. p, 197-212.

Isaza, P. J. (2014). *Diagnóstico del sexo en cavidad endocraneal por técnica de reconstrucción tridimensional de tomografía axial computarizada*. Universidad de Granada.

King, S. & Ulijaszek S. (1999). *Invisible insults during growth and development: contemporary theories and past populations*. In: Hoppa RD, FitzGerald CM, editors. *Human growth in the past: studies from bones and teeth*. Cambridge: Cambridge University Press. p 161–182.

Konigsberg, L. et al. (2006). *Estimation and evidence in forensic anthropology. Determining stature*. En: Schmitt, A., Cunha, E., Pinheiro, J. (Eds.), *Forensic Anthropology and Medicine. Complementary Sciences. From Recovery to Cause of Death*. Humana Press, New Jersey, p. 317-331.

Krenzer, U. (2006). *Compendio de Métodos Antropológicos Forenses*. Tomo V: Características Individualizantes. Centro de Análisis Forense y Ciencias Aplicadas. Guatemala, 4-7.

Krishan, K., & Kanchan, T. (2013). *Stature and build*. *Encyclopedia of forensic sciences*, 1, 49-53.

Lai, L. & Mitchell, J. (2005). *Indian hedgehog: its roles and regulation in endochondral bone development*. *Journal of cellular biochemistry*, 96(6), 1163-1173.

Lampl, M., & Thompson, A. (2007). *Growth chart curves do not describe individual growth biology*. *American Journal of Human Biology*, 19(5), 643-653.

Lejarraga, H. (2002). *Growth in infancy and childhood: a pediatric approach*. *Human growth and development*, 21-44.

Mahakkanukrauh, P., et al. (2011). *Stature estimation from long bone lengths in a Thai population*. *Forensic science international*, 210(1), 279-e1.

Mantilla, J., Et Al. (2009). *Estimación de la talla a partir de la medida de la tibia en población colombiana*. *International Journal of Morphology*, 27(2), 305-309.

Mays, S. (2016). *Estimation of stature in archaeological human skeletal remains from Britain*. *American Journal of Physical Anthropology*, 161(4), 646-655.

Moore, M. K. & Ross, A. H. (2012). *Stature Estimation*. En DiGangi, E. & Moore, M. *Introduction to Skeletal Biology*, pp. 151-179

Norgan, N. (2002). *Nutrition and Growth*. *Human growth and development*. P, 139-165.

Olsen, B., et al. (2000). *Bone development*. *Annual review of cell and developmental biology*, 16(1), 191-220.

Sandoval, A. (1982). *Hacia una historia genealógica de la antropología física*. *Estudios de Antropología Biológica*, 1(1).

Schell, L. & Knutsen, K. (2002) *Environmental Effects on Growth*. *Human growth and development*. San Diego, CA: Academic Press. p, 165-196.

Scheuer, L., & Black, S. (2004). *The juvenile skeleton*. Academic Press.

Segura, J. & Ramírez Páez, D. (2016) *Comportamiento del fenómeno de la desaparición. Colombia, 2015*. *Revista Forensis*, pp. 653-700. Recupera de <http://www.medicinalegal.gov.co/documents/88730/3418907/10.+DESAPARECIDOS.pdf/e9a8d4f4-35e1-4227-bed7-fd46f8cf5b99>

Stevenson, P. H. (1929). *On racial differences in stature long bone regression formulae, with special reference to stature reconstruction formulae for the Chinese*. *Biometrika*, 303-321.

Restrepo, M. T. (2000) *Estado nutricional y crecimiento físico*.

Rodríguez, J.V. (1994). *Introducción a la Antropología Forense: análisis e identificación de restos óseo humanos*. Anaconda editores. Colombia

Rodríguez, J. V. (2011). *La Identificación Humana en Colombia*.

Ross, M. H., & Pawlina, W. (2006). *Histology*. Lippincott Williams & Wilkins.

Ross, A. H., et al. (2011). ). Implications of dimorphism, population variation, and secular change in estimating population affinity in the Iberian Peninsula. *Forensic science international*, 206(1), 214-e1.

Trotter, M., & Gleser, G. (1951). *The effect of ageing on stature*. *American Journal of Physical Anthropology*, 9(3), 311-324.

Trotter, M., & Gleser, G. (1951). *Trends in stature of American whites and Negroes born between 1840 and 1924*. *American Journal of Physical Anthropology*, 9(4), 427-440.

Trotter, M., et al. (1968). *The secular trend in the diameter of the femur of American whites and negroes*. *American journal of physical anthropology*, 28(1), 65-73.

Ubelaker, D. H., & Degaglia, C. M. (2017). *Population variation in skeletal sexual dimorphism*. *Forensic Science International*, 278, 407-e1.

WalkeR, R., et al. (2006). *Growth rates and life histories in twenty-two small-scale societies*. *American Journal of Human Biology*, 18(3), 295-311.

White, T., et al. (2011). *Human osteology*. Academic press.

Zakrzewski, S. R. (2003). *Variation in ancient Egyptian stature and body proportions*. *American Journal of Physical Anthropology*, 121(3), pp. 219-229.

