

**ESTIMACIÓN DE LA ESTATURA A PARTIR DE LONGITUD DE METACARPIANOS
EN UNA MUESTRA DE POBLACIÓN MESTIZA COLOMBIANA**

**THE ESTIMATION OF STATURE WITH METACARPALS LENGTH IN A MESTIZO
COLOMBIAN SAMPLE**

Carlos Andrés Villalobos Fuentes

Antropólogo

Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses

División de Investigación Científica

Carrera 13C No. 165 – 86. Casa 64

Correo: villacar15@hotmail.com

Tels.: 3017557061 - 6698990

Bogotá D.C.

Febrero 2012

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	2
1. MARCO TEÓRICO.....	5
1.1. DEFINICIONES CONCEPTUALES	5
1.2. ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS	7
2. METODOLOGÍA Y ANÁLISIS	9
2.1. CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN.....	9
2.2. DEFINICIÓN DE VARIABLES.....	9
2.2.1. TALLA EN VIDA DEL INDIVIDUO.....	10
2.2.2. LONGITUD INTERARTICULAR DE LOS METACARPIANOS.....	12
2.3. PROCEDIMIENTO ESTADÍSTICO	17
2.4. CONSIDERACIONES ÉTICAS.....	17
3. RESULTADOS	¡Error! Marcador no definido. 19
3.1. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA	19
3.2. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN.....	22
3.2.1. DIAGRAMAS DE DISPERSIÓN.....	22
3.2.2. COEFICIENTES DE CORRELACIÓN Y DE DETERMINACIÓN.	24
3.3. ANÁLISIS DE REGRESIÓN	27
3.4. INTERVALOS DE PREDICCIÓN	31
4. CONCLUSIONES	29
5. RECOMENDACIONES.....	33
6. ANEXOS	34
7. BIBLIOGRAFÍA.....	38

INTRODUCCIÓN

La situación de conflicto interno y de inseguridad que atraviesa el país desde hace varias décadas, sumada a la baja presencia de entidades estatales en algunas zonas de violencia, ha generado una gran cantidad de crímenes de guerra que permanecen en la impunidad y de víctimas que continúan en el anonimato (Rodríguez, 2004, p. 19-30). En este contexto, en el que la única evidencia de los crímenes suelen ser escasos restos de los llamados casos complejos -cadáveres esqueletizados, carbonizados, desmembrados o en avanzado estado de descomposición- la antropología forense se presenta como una disciplina que dispone de herramientas útiles para aportar información que conduzca al esclarecimiento de los hechos.

En el marco de las ciencias forenses a nivel nacional, uno de los principales objetivos del antropólogo, como asesor de la investigación médico legal de las muertes, además de aclarar las circunstancias en que un crimen fue cometido, es aportar información en el proceso de identificación de la víctima (Rodríguez, 2004, p. 8). Lo anterior significa utilizar los principios de la antropología biológica y de la osteología para hacer un diagnóstico - de la edad, el sexo, la talla, el patrón morfológico y otros rasgos individualizantes - que permita vincular un cadáver al testimonio y denuncias de la población civil y a las confesiones de los implicados. Puede decirse, entonces, que en este caso el éxito de los procesos de ajusticiamiento y reparación social está vinculado al correcto análisis que se haga de los restos humanos. (Sanabria 2004, p. 23).

Con relación a esto último, y teniendo en cuenta el desarrollo actual de la antropología forense en el país, vale la pena mencionar algunas problemáticas señaladas por Sanabria (2004, p. 24-28). El

autor menciona que por ser una disciplina tan joven a nivel nacional, la antropología forense cuenta con un desarrollo muy incipiente tanto a nivel educativo como profesional, lo cual explica la escasez de peritos formalmente capacitados en el país (2004, p. 25-26). Esta insuficiencia en la formación académica de los antropólogos ha llevado a un avance lento de las investigaciones nacionales, lo cual ha retrasado la consolidación de estándares métricos y morfológicos para la población colombiana. Lo anterior ha traído como consecuencia que la mayoría de las técnicas utilizadas en el país, por la Antropología forense, provengan de estudios foráneos cuya aplicabilidad local ha sido validada solamente para contados métodos. Por otra parte, el carácter incompleto en el que usualmente son encontrados los restos humanos en el país, a causa de varios factores tafonómicos y principalmente de los distintos patrones de ocultamiento que suelen utilizar los grupos al margen de la ley, ha dificultado y complejizado las labores de identificación de los individuos desaparecidos (Gómez & Patiño, 2007, p.171).

De este modo, podemos afirmar que Colombia se caracteriza por la elevada cifra de cadáveres complejos que requieren estudios especializados, lo cual contrasta enormemente con el acervo precario y reducido de estándares osteométricos y morfológicos locales, con el que se cuenta en la actualidad. En otras palabras, es necesario emprender la construcción de metodologías propias, derivadas del estudio de muestras conformadas por individuos colombianos, tanto para confirmar o refutar la validez de los estudios extranjeros, como para avanzar en la comprensión de la variabilidad y particularidad biológica de la población nacional.

En este contexto, el presente proyecto representa un aporte al campo de la antropología biológica nacional, mediante la creación de una metodología que apoya el proceso de identificación humana,

basada en un rasgo particular del perfil biológico y en una estructura ósea concreta: mediante la medición de la longitud de los huesos metacarpianos de ambas manos se crearon fórmulas de regresión que permiten estimar la estatura en población adulta colombiana.

La construcción de esta metodología se ve justificada por la necesidad de contar con estándares locales para estimación de la estatura, debido a la alta variabilidad poblacional que este rasgo presenta (Rodríguez, 2004, p. 156), que lleva a que la aplicación de estándares no locales para estimación de la talla entregue resultados inadecuados y poco fiables (Ross & Kimmerle, 2009). Además, por el estado usualmente incompleto en el que son hallados los restos humanos en el país, (Sanabria, 2004, p. 396; Gómez & Patiño, 2007, p. 172) y especialmente en contextos forenses complejos y problemáticos, (desastres de origen natural o intencional, atentados terroristas de gran escala, desmembramiento selectivo, entre otros) en los cuales los metacarpianos representan una alternativa metodológica de interés forense para la evaluación de la talla.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. DEFINICIONES CONCEPTUALES

La estimación de la estatura en vida a partir de restos óseos humanos ha sido un tema de interés científico desde finales del siglo XIX. Su aplicación en estudios sobre evolución, crecimiento, nutrición, biología de poblaciones e identificación humana, ha hecho de la estatura un campo de estudio prolífico. Las técnicas osteométricas han sido las de uso más generalizado para llevar a cabo la estimación de la talla, lo cual se ha justificado teóricamente tanto por la precisión como por la repetibilidad de las mediciones y la posibilidad de aplicar metodologías de análisis estadístico que permitan una lectura inteligible de los resultados y entreguen buenos grados de confiabilidad.

El desarrollo de las metodologías de estimación de la estatura, a lo largo del siglo pasado, ha puesto de manifiesto algunas de las premisas y limitaciones básicas del estudio de esta variable biológica: En primera medida se logró establecer la relación que la estatura tiene con otras variables del perfil biológico. La edad, por ejemplo, se ha planteado como un factor a tener en cuenta tanto al momento de determinar las limitaciones de una muestra como al evaluar la estatura en individuos de edad avanzada, por la disminución gradual que tiene la talla después de los 45 años (Galloway, 1988; Cline et al., 1989; Giles, 1991). El sexo también ha sido un punto de análisis importante ya que los diferentes grados de dimorfismo sexual que presenta cada población determinan las diferencias en estatura promedio que existen entre los hombres y mujeres y la forma en que se debe plantear los estándares para cada sexo. Por último la filiación poblacional ha sido tenida en cuenta en la formulación de técnicas, ya que se ha demostrado que las proporciones corporales y los ritmos de crecimiento presentan variación poblacional específica, por lo que el uso de cada metodología está siempre geográfica y biológicamente delimitado. (Rodríguez, 2004, p. 157).

En los últimos años varios estudios han demostrado que la estimación de la estatura en individuos vivos y en cadáveres no resulta tan objetiva y precisa como se había pensado. A pesar de que la estatura o talla en pie está definida claramente como la altura comprendida entre el vértex (punto más alto de la cabeza) y plantar, con el individuo orientado en el plano de Frankfort, existen varios factores que hacen que este estimado no sea tan preciso. Ousley (2005) menciona que uno de los principales factores es el error intraobservador, especialmente si no se utiliza un método estandarizado para tomar la estatura. Otro factor de error es la diferencia que existe entre la estatura en pie y la que es tomada de un cadáver, para lo cual no parece haber una constante de corrección que aplique a diferentes edades, proporciones corporales y pesos. Además, el autor agrega que la estatura varía de acuerdo a la hora del día en que esta sea tomada, a causa de la compresión de los discos intervertebrales por el peso.

Otros factores de variación en la estimación de la estatura que han sido señalados tienen que ver con la estimación de esta a partir de restos óseos. Byers (2005, p. 272) argumenta que existe una reducción en las proporciones de longitud y diámetro de los huesos cuando estos han sido expuestos a deshidratación, por varios factores ambientales o por exposición al fuego. Sin embargo, uno de los elementos más interesantes de la estimación de la estatura a partir de restos óseos es la diferencia que existe entre la estatura biológica (medida en vida o en el cadáver) y la reportada en documentos de identidad (cedula de ciudadanía o pase de conducción). Ousley (1995) denomina a este registro en los documentos, Estatura Forense, debido a que en un marco legal es la más frecuentemente utilizada para hacer el cotejo con la posible identidad de un cadáver. El autor argumenta que, debido a los múltiples factores que determinan el dinamismo y variabilidad en la medición de la estatura biológica, es posible que la Estatura Forense resulte de mayor utilidad para la creación de métodos de estimación de la talla estadísticamente más confiables.

1.2. ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS

En Colombia, el proceso de creación de estándares locales para la estimación de estatura se ha limitado a un par de estructuras óseas. Chavarro (2000) presentó en su monografía de grado una fórmula para la estimación de talla a partir de humero, evaluando una muestra de 50 individuos masculinos. Para la tibia se han desarrollado al menos dos investigaciones independientes: Sanabria (2001) analizó 118 tibias de cadáveres de ambos sexos y determinó ecuaciones que incluyeron medidas de longitud y diámetro. En una investigación más reciente, Mantilla y colaboradores (2009) estudiaron 168 tibias masculinas y crearon una fórmula a partir de la longitud máxima del hueso. Además de estos estudios, no se han desarrollado otros estándares de talla en el país.

En un nivel internacional el valor de las manos para la estimación de la estatura ha sido demostrado por múltiples investigaciones. Estudios como los dirigidos por Sanli (2005) y Agnihotri (2008), han evaluado la relación existente entre la longitud de las manos y la talla en individuos africanos y turcos respectivamente, mientras que otros autores como Krishan (2007) y Rastogi (2008), han dirigido estudios similares en poblaciones de conformación étnica particular en la India. Se ha encontrado también una creciente proliferación de literatura preocupada por estimar la talla de fragmentos corporales desmembrados asociados a situaciones de violencia o a catástrofes masivas. Tenemos en este grupo de investigaciones a autores como Jasuja (2004), Ozaslan (2006), Ilayperuma (2009) o Habib y Kamal (2010), cuyo enfoque de investigación es netamente forense y se centra en la estimación de la estatura partir de manos y partes de estas. Todos los estudios mencionados han concluido que existe una correlación estadísticamente significativa entre la longitud de las manos y la talla de un individuo.

A diferencia de la prolífica literatura referente a la estimación de la estatura con manos completas, cuyos huesos están articulados por tejido blando, lo estudios realizados hasta el momento a partir de

huesos aislados de la mano son escasos. Es importante mencionar el estudio de Harris y colaboradores (1992) sobre morfología del metacarpo, referente a índices de elongación y crecimiento de estas estructuras en adultos, en el cual se concluyó que los cambios en la longitud de metacarpianos con la edad no son estadísticamente significativos. Otro grupo de autores ha estudiado la relación de los metacarpianos con la estatura en individuos subadultos. Himes (1977) presenta un estudio pionero en el que a partir de la medición de placas radiográficas evalúa la relación entre el largo de metacarpianos y la estatura de niños guatemaltecos, mientras que Kimura (1992a, 1992b) hace un análisis de las relaciones entre varias medidas del segundo metacarpiano y la estatura en dos poblaciones de subadultos japoneses.

El estudio pionero en la utilización de los metacarpianos para la estimación de la estatura en adultos fue el realizado por Musgrave y Harneja en 1978, en el que, a partir de la medición de los diez huesos de 166 individuos británicos, formularon ecuaciones para determinar la talla a partir de estas estructuras óseas, y concluyeron que su grado de confianza era alto. Posteriormente, Meadows y Jantz (1992) examinaron dos muestras de 212 y 55 individuos norteamericanos y presentaron ecuaciones de regresión para cada uno de los metacarpianos, concluyendo que la estimación de la estatura por medio de estas estructuras no solo es posible sino que presenta una confiabilidad considerable. Otras investigaciones como la de Kimura (1991) en Japón y la de Karaman et al. (2008) en Turquía tomaron medidas de radiografías de individuos contemporáneos y construyeron varias ecuaciones de regresión para determinar talla, en las que se incluían distintas medidas de varios metacarpianos. Para finalizar es importante mencionar que estas metodologías iniciales han sido utilizadas por autores como Wilbur (1998) y Grieshaber (2001) en casos arqueológicos americanos específicos donde las propuestas matemáticas han resultado aplicables.

2. METODOLOGÍA Y ANÁLISIS

El presente estudio se basa en un análisis morfométrico y estadístico de varias estructuras óseas para determinar su relación con el indicador biológico de la estatura adulta. La construcción de esta metodología tendrá una aplicación específica en población nacional gracias al uso de una colección ósea de referencia conformada por individuos colombianos, y representada por los cadáveres que conforman el proyecto N° 615 de la división de investigación científica del Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses (en adelante INMLCF). La muestra analizada está conformada por 94 individuos (63 masculinos y 31 femeninos) con intervalo de edad de 18 a 91 años (con Media de 45 años).

2.1. CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN

- a. Individuos mayores de 18 años de nacionalidad colombiana.
- b. Disponer del dato de la estatura reportado en cedula de ciudadanía o en protocolo de necropsia.
- c. Huesos sin ningún tipo de fragmentación o erosión que pudiera afectar la medición.
- d. Huesos sin alteraciones volumétricas o de longitud causadas por patología, trauma o procedimiento quirúrgico

2.2. DEFINICIÓN DE VARIABLES

El presente proyecto cuenta con dos variables principales, que serán evaluadas según la relación de proporcionalidad existente entre ellas, a saber, la estatura de cada individuo examinado y la longitud de los metacarpianos. A continuación se presenta una definición puntual de la forma en que se obtuvo cada una de estas variables y las limitaciones prácticas que se encontraron en este proceso.

2.2.1. TALLA EN VIDA DEL INDIVIDUO.

La estatura de los individuos de la muestra, fue consultada y suministrada directamente por la información reportada en su cedula de ciudadanía y en el protocolo de necropsia, cuya copia hace parte de la documentación de cada uno de los cadáveres de la Colección Ósea de Referencia de Población Colombiana del INMLCF. Por lo anterior, y teniendo en cuenta que la obtención de este dato no pudo ser controlada en la investigación, es importante plantear varios precedentes que justifican su uso.

La información relativa a la talla, consignada en la cedula de ciudadanía, ha sido obtenida por funcionarios de la Registraduría Nacional del Estado Civil, entidad estatal que entre sus principales objetivos consigna el de “Expedir y elaborar las cédulas de ciudadanía de los colombianos, en óptimas condiciones de seguridad, presentación y calidad” y que tiene la responsabilidad de “Responder las solicitudes de personas naturales o jurídicas y organismos de seguridad del Estado o de la rama judicial en cuanto a identificación, (...) teniendo como soporte la información contenida en las bases de datos de registro civil y el sistema de identificación.” (Registraduría Nacional del Estado Civil). Teniendo en cuenta lo anterior y principalmente el hecho de que no se ha encontrado el reporte de una publicación científica que demuestre que la citada entidad está tomando el dato de la talla de forma inadecuada, consideramos esta fuente de información como confiable.

Por otra parte, debe resaltarse la importancia documental, demográfica y científica, que representa el hecho de disponer de registros sobre la talla en generaciones anteriores, de manera particular por la valiosa información que este dato suministra en el aspecto comparativo y, porque no, evolutivo de la realidad biológica de la población colombiana. En un estudio antropométrico sobre talla, realizado a partir de la base de datos de la Registraduría Nacional de Estado Civil, Meisel y Vega (2007) resaltan

las virtudes de los registros colombianos en relación a la talla. Los autores mencionan que Colombia no es solo uno de los únicos tres países latinoamericanos en los que se registra la estatura en el documento de identidad, sino que además presenta la que probablemente sea la base de datos más grande encontrada hasta la fecha en la literatura de la historia antropométrica (más de 9 millones de observaciones sobre la estatura, a lo largo de casi un siglo) (Meisel y Vega, 2007, p. 64).

Otro precedente importante son las muestras y las fuentes de información usualmente utilizadas en algunas investigaciones sobre estatura a nivel internacional. Algunas de las mayores colecciones osteológicas están conformadas por individuos nacidos en el siglo XIX, cuya documentación fue retomada en el siglo siguiente, para adelantar investigaciones. Lo anterior es problemático por los cambios en la talla media de una población que se dan con el tiempo (Byers, 2005: 262) y porque la documentación proviene de las necropsias realizadas al momento de la muerte, en las cuales la medición de la estatura se ve sesgada por los procesos degenerativos de la edad (Galloway, 1988; Cline et al., 1989; Giles, 1991). Algunos estudios sobre estimación de estatura, como el realizado por Trotter y Gleser (1952), han utilizado restos óseos de soldados, cuya documentación provenía de los datos tomados en el cuartel al enlistarlos. Este tipo de muestras son exclusivamente masculinas y seguramente presentan un sesgo debido a los requerimientos mínimos de estatura que exigen las entidades militares para el ingreso. Por último debemos recordar las limitaciones inherentes a la medición de la talla, resumidas en el marco teórico, las cuales hacen que el uso de información documental para la creación de métodos osteométricos esté justificado estadísticamente (Ousley, 1995).

Se puede concluir, que la documentación sobre la estatura en Colombia, consignada en el documento de identidad de cada individuo, desde 1934, es una fuente importante de información, ya que ha sido obtenida por una entidad estatal cuya principal función ha sido la oportuna identificación de votantes. Además, este registro presenta un muy amplio margen de inclusión, otorgando información sobre todos

los individuos nacidos después de 1905, sin distinción de estrato socioeconómico, de género a partir de 1956, o de un mínimo en la estatura. Adicionalmente, la toma de este dato se realiza de forma uniforme, al poco tiempo de cumplir la mayoría de edad, lo que evita posibles sesgos en los valores a causa de la reducción de la estatura por el envejecimiento.

2.2.2. LONGITUD INTERARTICULAR DE LOS METACARPANOS

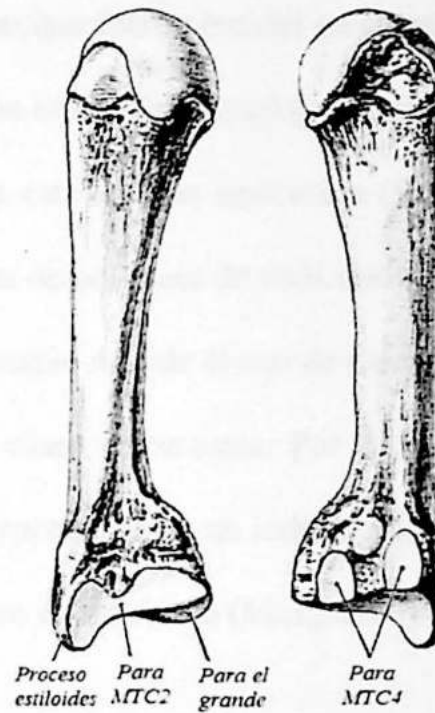
El metacarpo consiste en cinco huesos, numerados de 1 a 5 empezando lateralmente desde el pulgar, que conforman la estructura esquelética de la palma de la mano (*Imagen 1*). Cada metacarpiano posee un cuerpo cilíndrico alargado que se prolonga hasta la base en su extremo proximal y hasta la cabeza en el distal. En general la base de los metacarpianos es una estructura compleja que articula con los huesos del carpo y posee fuertes inserciones musculares (Schwartz, 1995: 119).

La determinación de los estándares de medición para los metacarpianos se basó en una revisión bibliográfica exhaustiva de investigaciones previas sobre morfología y determinación de estatura a partir de estas estructuras óseas. Esta revisión demostró que no existe un único estándar internacional de medición de la longitud de los huesos metacarpianos, por lo cual cada investigador es libre de escoger el precedente osteométrico que más se ajuste a su estudio. A grandes rasgos encontramos que, en la literatura que incluye la longitud de los metacarpianos, existen al menos cuatro estándares distintos sobre diferentes tipos de longitudes (longitud de la línea media (Meadows y Jantz, 1992); longitud máxima (Barrio et al, 2006); longitud axial máxima (Harris et al, 1992) y longitud interarticular (Musgrave y Harneja, 1978)), que están relacionados con el medio por el cual se han registrado las medidas (imágenes radiológicas o huesos secos).

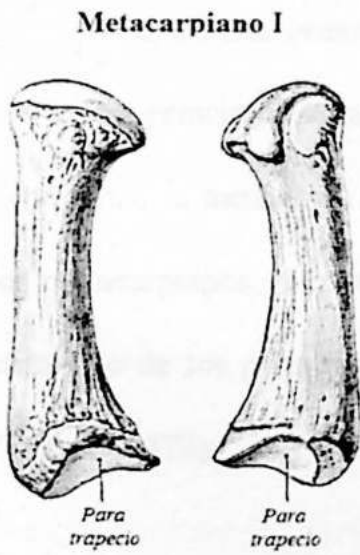
Metacarpiano II



Metacarpiano III



Metacarpiano IV



Metacarpiano V



IMAGEN 1. Vista medial y lateral de los cinco metacarpianos izquierdos, extremo distal está arriba y proximal abajo (modificado de Gray, 1959: 255-256).

Teniendo en cuenta esta variedad de posibilidades, la determinación de un estándar de medición para metacarpianos se realizó considerando las particularidades morfognósticas de estas estructuras óseas. En este sentido, existen tres características morfológicas que fueron tenidas en cuenta: En primer lugar, el extremo proximal o base de los metacarpianos es una estructura compleja y poco uniforme debido a las múltiples articulaciones e inserciones que presenta esta sección anatómica (Schwartz ,1995: 120-121). En segundo lugar, las características morfológicas de las bases de cada uno de los metacarpianos difieren entre sí de forma muy marcada, lo que en principio impide el uso de un único criterio general de medición que sea correctamente aplicable a las cinco estructuras. Por último, existe una alta variabilidad morfológica en la base de algunos metacarpianos entre un individuo y otro, la cual puede ocasionar dificultades al momento de determinar el punto de medición (Musgrave y Harneja, 1978).

Partiendo de estas premisas se determinó que el estándar de medición más apropiado para la presente investigación es el de la longitud interarticular. La longitud interarticular o fisiológica, es definida como el largo comprendido entre el centro de la superficie articular proximal o base y el ápex (o punto más distal) de la cabeza, orientando ambos puntos sobre el eje longitudinal del hueso (Musgrave y Harneja, 1978). La principal ventaja de esta longitud es que define el punto anatómico exacto desde el que se debe tomar la medida en la base, teniendo en cuenta las particularidades morfológicas de cada uno de los metacarpianos. A continuación ofrecemos la definición del centro de la base que fue utilizada para cada uno de los metacarpianos (*Imagen 2*), basándonos los estándares presentados por Musgrave y Harneja (1978):

Metacarpiano 1: La carilla articular para el trapecio en este hueso, es usualmente cóncava en el plano dorso-palmar y convexa en el radio-cubital. El centro de la base se define como el punto más distal sobre la concavidad del plano dorso-palmar.

Metacarpiano 2: Si examinamos la base observaremos un surco profundo, ubicado en dirección dorso palmar, en el cual se inserta el trapezoide. Este surco está dividido en dos mitades: una estrecha en el lado palmar y una más amplia en el dorsal. Estas dos mitades se encuentran para formar una cresta baja que representa el punto más pronunciado del surco, el cual ha sido tomado como el centro de la base.

Metacarpiano 3: El centro de la base de este hueso se define como un punto, tan cercano como sea posible al eje longitudinal, ubicado sobre la cresta que atraviesa la base en dirección dorso palmar, y separa la carilla articular para el MTC2 de aquella para el grande.

Metacarpiano 4: La superficie proximal de este hueso es tan variable que resulta difícil definir un único punto como su centro. Sin embargo, debe tomarse la medida desde el hipotético punto central de la carilla articular para el ganchoso y que se ubique lo más cerca posible al eje longitudinal del hueso.

Metacarpiano 5: La carilla articular para el ganchoso en este hueso, es usualmente convexa en el plano dorso-palmar y cóncava en el radio cubital. El centro de la base es definido como el punto más distal en la concavidad del plano radio-cubital.

Las medidas de los metacarpianos fueron tomadas por el investigador principal, quien utilizó un calibrador electrónico para registrar la longitud interarticular hasta las centésimas de un milímetro. Durante este proceso se contó con la asesoría metodológica y teórica del responsable institucional del INMLCF, Cesar Sanabria, al igual que con su apoyo para la validación de los datos obtenidos por medio de una segunda medición.

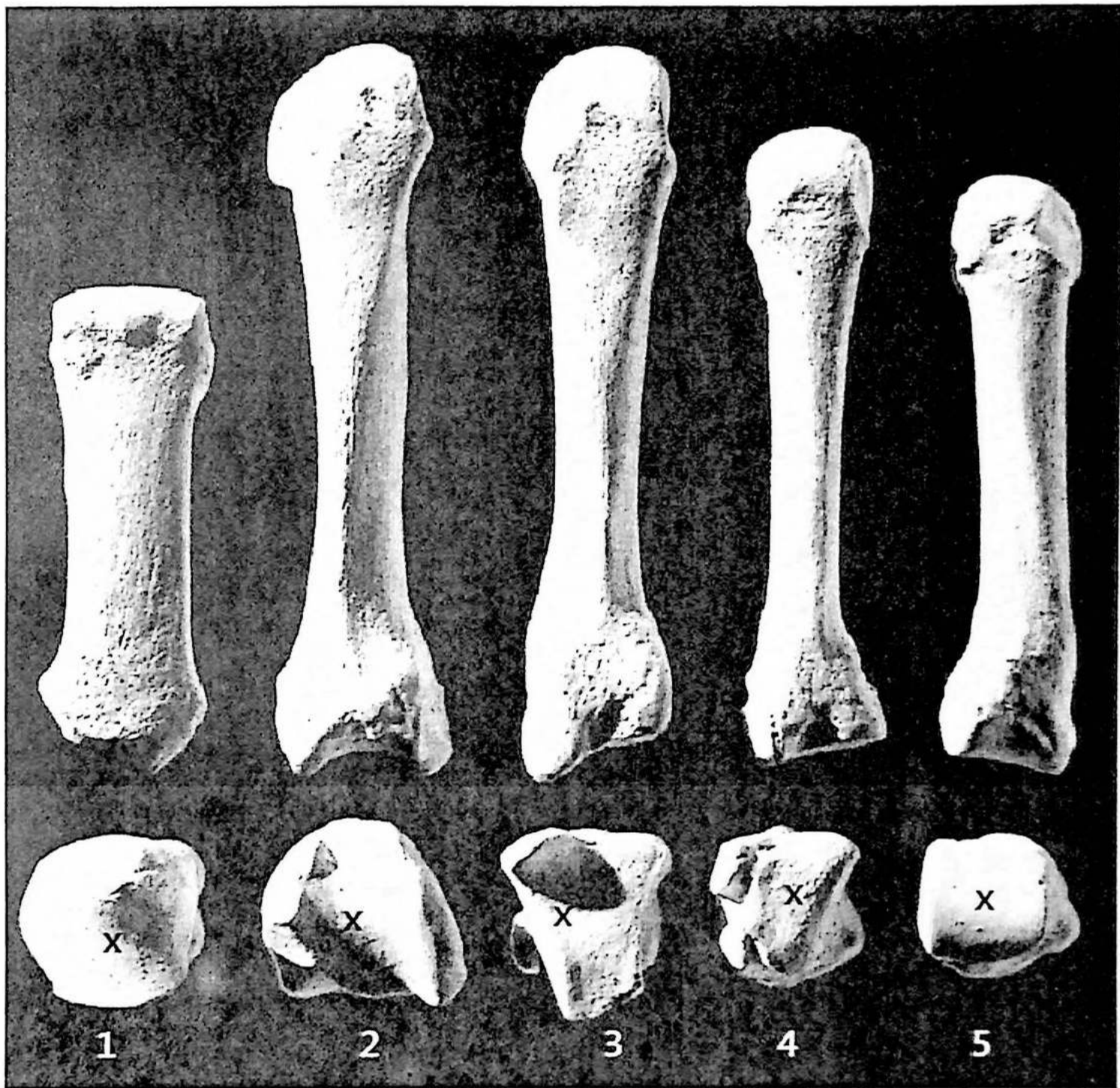


IMAGEN 2. Vista dorsal (sup.) y de la base proximal (inf.) de los cinco metacarpianos derechos. Las marcas (x) en cada una de las bases indican el centro, es decir el punto aproximado desde el cual debe tomarse la longitud interarticular o fisiológica. (Modificado de White y Folkens, 2005:238)

2.3. PROCEDIMIENTO ESTADÍSTICO

Una vez obtenidas y validadas las medidas pertinentes, las variables mencionadas anteriormente fueron tratadas estadísticamente por medio de un análisis de correlación y regresión lineal simple, el cual fue introducido y organizado en el software de análisis estadístico MINITAB 16. Para empezar, se determinó el nivel de correlación existente entre la variable de respuesta o dependiente (estatura) y cada una de las variables regresoras o independientes (longitud de los huesos largos). El nivel de correlación se evaluó gráficamente por medio de diagramas de dispersión, para determinar su tendencia general (presumiblemente positiva) y se estableció de forma definitiva con la estimación del coeficiente de correlación de Pearson. Finalmente se aplicaron pruebas de hipótesis para determinar si el nivel de correlación era significativamente alto.

Luego se adelantó un análisis de regresión lineal simple para cada una de las longitudes estudiadas en las estructuras óseas. Se estimó la línea de regresión o de mejor ajuste a partir de la disposición de los puntos en los diagramas de dispersión y se estableció la ordenada al origen y la pendiente de la recta graficada. A partir de estos datos se generó la fórmula o ecuación de regresión que permite determinar la estatura de un individuo a partir de la longitud de uno de los metacarpianos, con intervalos de confianza determinados. Los intervalos de confianza para las predicciones futuras se construyeron teniendo en cuenta el error estándar de la regresión y las fórmulas para determinar los intervalos de predicción (IP).

2.4. CONSIDERACIONES ÉTICAS

La presente investigación, por inscribirse dentro de la antropología forense, encargada de apoyar el estudio de restos humanos en contextos tan delicados como los crímenes de guerra, el juicio de presuntos criminales y la devolución de cuerpos a los familiares, tuvo en consideración varios

aspectos éticos, inherentes a la disciplina. Como punto de partida es necesario que el uso de restos humanos para la investigación esté justificado por la pertinencia, la necesidad y la aplicación de los resultados en un contexto social y jurídico concreto (Blau, 2009, p. 8). Dado lo anterior es importante que la muestra, las metodologías y los resultados presentados en cada estudio estén debidamente sustentados por la evidencia física y tengan niveles adecuados de fiabilidad para evitar la condena o absolución injusta de los procesados y la identificación errónea de un individuo (Byers, 2005). Por último debe señalarse que el trato con los restos mortuorios a ser analizados debe ser adecuado, esto es, por una parte, con el respeto y la seriedad que merece cualquier ser humano y sus allegados y, por la otra, con las medidas de seguridad y las precauciones necesarias para evitar el contacto directo con cualquier amenaza de tipo biológico o químico (Alfonso & Powell, 2007, p. 458).

Vale la pena anotar que la totalidad de los cadáveres que fueron utilizados durante la investigación pertenecen a la Colección Ósea de referencia de Población Colombiana, enmarcada dentro del proyecto N° 615 del INMLCF. Mediante convenio interinstitucional (INMLCF y UASPD) dichos cuerpos han sido rescatados de varios cementerios bogotanos que, tras el cumplimiento del periodo reglamentario de exhumación, se disponían legalmente a su cremación. Lo anterior significa que el uso de estos individuos no solo evita que su potencial investigativo desaparezca, sino que permite que los familiares de dichos cuerpos los recuperen cuando así lo decidan en el futuro. En última instancia vale la pena recalcar que la presente investigación estuvo regida por la normatividad nacional vigente establecida por el ministerio de salud y el INMLCF y las normas internacionales de bioseguridad, referentes a manipulación e investigación con cuerpos humanos.

3. RESULTADOS

3.1. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

El primer paso en el análisis estadístico es la presentación e interpretación de las estadísticas descriptivas, compuestas en este caso por el número de datos (N), la Media, el mínimo, el máximo y la desviación estándar (S), para cada una de las variables evaluadas. Estos indicadores ofrecen información importante sobre la composición de la muestra, las características de los datos recopilados, y los alcances de las fórmulas de regresión creadas. Los resultados para las estadísticas descriptivas de los datos analizados se pueden consultar en la *tabla 1*.

El primero de los indicadores (N) muestra el número de datos que fueron tomados para cada uno de los metacarpianos de los esqueletos incluidos en el estudio. Como se puede ver este valor no es el mismo para todas las variables medidas, lo cual indica que no todos los 94 individuos contaban con los 10 metacarpianos. La ausencia de estas estructuras óseas se debe a varios motivos contemplados dentro de los criterios de inclusión mencionados en la metodología, aunque en su gran mayoría responden a la conformación original de la muestra. La importancia de registrar este dato radica en que es necesario para la estimación del Intervalo de Predicción (IP), es decir de los límites de pronóstico para una observación futura única, sobre lo cual se profundizara más adelante. Además, las diferencias en los números de datos incluidos deben ser tenidas en cuenta al momento de comparar las magnitudes de los coeficientes de correlación (r) y al determinar si estos son estadísticamente significativos.

La Media de cada una de las variables nos da un estimado de la conformación de la muestra y resulta especialmente útil para las variables de la estatura y la edad. Las medias en la Talla de los individuos de la muestra concuerdan con la estatura promedio de la población colombiana de la

segunda mitad del siglo XX, reportada por Meisel y Vega (2007, p. 85) (alrededor de 1,69 para masculinos y 1,57 para femeninos), lo cual indica que la conformación aleatoria de la muestra no está sesgada en este aspecto. En relación a la edad de los individuos al momento de morir vemos que la Media femenina excede considerablemente a la masculina en casi diez años, por lo que podríamos esperar que los procesos degenerativos de la edad tuvieran una mayor influencia en el modelo estadístico para este grupo.

Adicionalmente se presentan el mínimo y el máximo para cada una de las variables, los cuales resultan de especial interés porque determinan el espacio dentro de la población que la muestra analizada abarca. Este intervalo de los datos originales, con los que se dedujo la fórmula de regresión, debe tenerse en cuenta al momento de introducir nuevos valores en la ecuación para hacer predicciones. El uso de datos que se aproximen demasiado a los límites del intervalo original, o que se ubiquen por fuera de este (extrapolación), debe hacerse con cautela, ya que “mientras más grande sea la extrapolación, es mayor la probabilidad de que un error de ecuación o un error de modelo tengan gran impacto sobre los resultados” (Montgomery et al., 2002, p. 35). Lo anterior no significa que las ecuaciones de regresión para metacarpianos resulten obsoletas justo fuera de los límites de la muestra original, sino que su aplicación debe contemplar el paulatino aumento del error a medida que los datos se alejan de la media, y en especial cuando exceden los valores del mínimo y el máximo, de las estaturas y de las longitudes de cada una de las estructuras óseas.

TABLA 1 - Estadísticas descriptivas para la muestra.

Variable		N	Media	Mínimo	Máximo	S
MASCULINO						
estatura, cm		63	169,46	148	182	6,45
edad, años		61	42,48	18	93	22,05
derecho, mm	MTC1	58	43,54	34,14	49,85	3,05
	MTC2	60	64,80	56,75	74,62	3,99
	MTC3	63	62,85	54,29	73,01	3,73
	MTC4	60	55,78	48,62	64,62	3,19
	MTC5	55	51,36	42,95	60,31	2,83
izquierdo, mm	MTC1	56	43,01	34,59	49,45	3,14
	MTC2	61	64,37	56,80	73,87	4,12
	MTC3	59	62,69	54,11	73,02	3,88
	MTC4	60	55,62	48,40	64,20	3,18
	MTC5	57	51,36	43,71	60,18	3,06
FEMENINO						
Estatura, cm		31	157,13	140	177	7,35
Edad, años		31	51,61	20	91	23,57
Derecho, mm	MTC1	25	40,53	34,74	49,14	3,08
	MTC2	30	61,34	52,66	74,18	4,75
	MTC3	29	59,31	50,19	72,70	4,83
	MTC4	29	52,93	44,40	66,75	4,36
	MTC5	29	48,95	41,10	62,36	4,18
izquierdo, mm	MTC1	27	40,65	33,74	48,13	3,22
	MTC2	28	61,38	51,90	74,75	4,76
	MTC3	28	58,94	50,43	72,20	4,93
	MTC4	27	52,09	45,14	59,52	3,47
	MTC5	28	48,81	39,95	60,55	4,18

N: Tamaño de la muestra, número de datos tomados.

S: Desviación Estándar.

3.2. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN

La relación recíproca entre la longitud de los metacarpianos y la estatura puede preverse por la demostrada proporcionalidad existente entre las distintas secciones anatómicas del cuerpo humano, y confirmarse en la multitud de estudios sobre estimación de la talla a partir de morfometría de las manos, citados en el Marco Teórico. Sin embargo, es importante evaluar de un modo técnico en qué medida y de qué forma se da la correlación entre estas dos variables. Para llevar a cabo esta evaluación se procedió a analizar los diagramas de dispersión y se calculó el coeficiente de correlación lineal para cada uno de los metacarpianos.

3.2.1. DIAGRAMAS DE DISPERSIÓN.

El primer paso que debe tomarse para determinar la correlación entre dos variables, es hacer un análisis gráfico de los datos por medio de un diagrama de dispersión que muestre los valores apareados de la estatura, sobre el eje *Y*, y de la longitud interarticular del metacarpo, sobre el eje *X*. El diagrama de dispersión ofrece un acercamiento intuitivo a la correlación ya que únicamente permite determinar si existe algún patrón en la distribución de los datos que demuestre el tipo de relación (lineal, no lineal o nula) y el signo de esta (positiva o negativa). Sin embargo, la representación gráfica es de suma importancia para identificar cualquier irregularidad en la distribución de los datos (generalmente puntos que se distancian demasiado del patrón general) y que podrían responder a errores en la medición o en la sistematización de la información.

La identificación de estos valores irregulares, llamados datos distantes o puntos influyentes, debe ser el primer paso dentro del análisis de correlación, ya que algunos de estos pueden modificar el modelo de forma sustancial. Los datos distantes son aquellos puntos que quedan muy lejos de los

demás puntos de datos, mientras que los puntos influyentes son aquellos que afectan fuertemente la gráfica o la línea de regresión (Triola, 2000, p. 498). La identificación de estos datos se lleva a cabo de dos maneras: (1) observando que tanto cambia la línea de regresión si es graficada sin el dato en cuestión y (2) evaluando el número de desviaciones estándar a las que se encuentra el punto de la recta. Con respecto a esto último Grima y colaboradores (2004, p. 354) anotan que “valores entre 2 y 3 [desviaciones estándar] son normales (aparecen aproximadamente 5 por cada 100 puntos) pero mayores de 3 son más raros y vale la pena ver a que observaciones pertenecen por si fuera conveniente darles un tratamiento especial”. En la presente investigación los datos distantes y puntos influyentes fueron identificados por medio del programa estadístico MINITAB. Los *anexos 1 y 2* muestran los diagramas de dispersión de las estructuras óseas que presentan mayor y menor correlación con la estatura para cada uno de los sexos. Se puede ver una diferencia marcada entre la distribución de los puntos entre la primera y la segunda para cada sexo (*Figuras 1 y 2* para masculino y *figuras 3 y 4* para femenino) que indica el grado de relación lineal que existe entre los datos. Las letras R y X representan las observaciones poco comunes.

La observación de los diagramas de dispersión demostró que, como era de esperarse, los puntos presentan un patrón de distribución creciente, lo que indica una correlación positiva entre la longitud interarticular de los metacarpianos y la estatura. Los diagramas de dispersión también demostraron que existe una gran cantidad de observaciones poco comunes, ya sea de datos distantes o puntos influyentes, que por lo general corresponden a individuos cuyas estaturas se encuentran en los límites del espacio de la muestra. Otras observaciones inusuales se dan por la discrepancia existente entre la longitud de los huesos y la estatura reportada (individuos de estatura muy baja y manos muy grandes o viceversa) que podrían estar relacionados con discrepancias en el dato de talla de la cedula. Sin embargo, la gran mayoría de estos puntos fueron incluidos en el análisis ya que su distancia a la recta de regresión no excedía las 3 desviaciones estándar (Grima, 2004, p.354).

3.2.2. COEFICIENTES DE CORRELACIÓN Y DE DETERMINACIÓN.

El coeficiente de correlación de momento producto de Pearson (r) mide la fuerza de la relación lineal entre los valores de x y y apareados de una muestra. El valor del coeficiente oscila entre -1 (para la correlación negativa perfecta) y 1 (para la correlación positiva perfecta), siendo 0 el valor para una correlación nula o inexistente. De este modo, se dice que entre más cerca se encuentre el coeficiente de Pearson de -1 ó 1 la correlación es más fuerte, mientras que la fuerza de esta disminuye al acercarse a cero. *Las Tablas 2 a la 5* presentan los coeficientes de correlación de los metacarpianos entre sí y con la estatura para cada lado de los dos sexos. Los altos valores de los coeficientes de correlación entre los distintos huesos de un mismo lado demuestran las fuertes relaciones de proporcionalidad existentes entre los metacarpianos en una misma mano y justifican el uso de las cinco estructuras óseas para evaluar su relación con la estatura.

Los coeficientes de correlación de Pearson entre la longitud de los metacarpianos y la estatura se presentan resumidos en la *Tabla 6*. Estos valores se asemejan a los obtenidos por Musgrave y Harneja (1978) para británicos blancos y por Meadows y Jantz (1992) para afrodescendientes americanos, aunque difieren de los presentados por estos últimos para blancos americanos. Para determinar si el coeficiente de Pearson calculado representaba una correlación estadísticamente significativa se llevaron a cabo pruebas de hipótesis. Aplicando el proceso descrito por Triola (2000, p. 486), se utilizó el valor calculado para r como la estadística de prueba y se comparó su magnitud con los de la tabla de valores críticos de este coeficiente. Tras esta comparación se determinó que todos los metacarpianos presentan una correlación estadísticamente significativa con la estatura a un nivel de significancia del 0.01, exceptuando el cuarto metacarpiano izquierdo femenino cuya correlación solo alcanza un nivel de significancia del 0,05. Lo anterior justificó que el análisis de regresión se llevara a cabo con todos los metacarpianos de ambos sexos.

COEFICIENTES DE CORRELACIÓN ENTRE METACARPIANOS SEGÚN LADO Y SEXO.

TABLA 2 - Coeficientes de correlación entre metacarpianos derechos masculinos.

	Estatura	MTC1	MTC2	MTC3	MTC4
MTC1	0,626	-			
MTC2	0,781	0,793	-		
MTC3	0,76	0,771	0,946	-	
MTC4	0,691	0,793	0,921	0,935	-
MTC5	0,662	0,793	0,883	0,909	0,916

TABLA 3 - Coeficientes de correlación entre metacarpianos izquierdos masculinos.

	Estatura	MTC1	MTC2	MTC3	MTC4
MTC1	0,671	-			
MTC2	0,764	0,836	-		
MTC3	0,751	0,811	0,951	-	
MTC4	0,683	0,798	0,917	0,956	-
MTC5	0,599	0,780	0,890	0,915	0,924

TABLA 4 - Coeficientes de correlación entre metacarpianos derechos femeninos.

	Estatura	MTC1	MTC2	MTC3	MTC4
MTC1	0,749	-			
MTC2	0,691	0,865	-		
MTC3	0,637	0,862	0,963	-	
MTC4	0,644	0,853	0,928	0,964	-
MTC5	0,676	0,895	0,911	0,940	0,957

TABLA 5 - Coeficientes de correlación entre metacarpianos izquierdos femeninos.

	Estatura	MTC1	MTC2	MTC3	MTC4
MTC1	0,690	-			
MTC2	0,657	0,914	-		
MTC3	0,602	0,888	0,971	-	
MTC4	0,419	0,856	0,883	0,911	-
MTC5	0,676	0,925	0,947	0,928	0,903

La Tabla 6 también presenta los coeficientes de determinación (R^2), los cuales expresan el porcentaje de variación ocurrida en la estatura que puede ser explicada a través de la longitud de los metacarpianos. Como se puede ver los porcentajes varían mucho para cada uno de los huesos, oscilando entre 61% y 39% para masculinos y entre 58% y 17% para femeninos. Estas diferencias en los valores de los distintos huesos demuestran que no todos los metacarpianos resultan de igual utilidad para estimar la estatura, ya que cada uno presentará niveles de confiabilidad distintos, por lo que debe darse prioridad al uso de algunos metacarpos en caso de contarse con varios de estos.

Es importante añadir que la comparación entre los valores de los coeficientes de correlación y determinación entre los dos sexos debe hacerse con precaución, debido a las diferencias en los tamaños de las muestras. Como Montgomery lo explica, “siempre es posible lograr que estos coeficientes aumenten si se agregan términos o valores suficientes al modelo” (2002, p. 37), lo cual podría explicar las magnitudes relativamente bajas de los coeficientes en individuos femeninos.

TABLA 6 - Coeficientes de correlación de Pearson y coeficientes de determinación para estatura y longitud interarticular de metacarpianos

		Masculino		Femenino	
		r	R ²	r	R ²
Derecho	MTC1	0,626	0,392	0,749	0,561
	MTC2	0,781	0,610	0,691	0,477
	MTC3	0,760	0,578	0,637	0,406
	MTC4	0,691	0,477	0,644	0,415
	MTC5	0,662	0,438	0,676	0,457
Izquierdo	MTC1	0,671	0,450	0,690	0,476
	MTC2	0,764	0,584	0,657	0,432
	MTC3	0,751	0,564	0,602	0,362
	MTC4	0,683	0,466	0,419	0,176
	MTC5	0,599	0,359	0,676	0,457

r: Coeficiente de correlación de Pearson.

R²: Coeficiente de determinación.

3.3. ANÁLISIS DE REGRESIÓN

El análisis de regresión lineal simple consiste en hallar la línea recta que mejor se ajusta a los puntos graficados en el diagrama de dispersión y calcular la ecuación que define esta recta. La determinación de la línea que 'mejor' se ajusta a los datos se da por medio de la propiedad de mínimos cuadrados, que, a grandes rasgos, determina que la suma de las distancias entre los valores de muestra (puntos sobre el diagrama de dispersión) y la recta de regresión (línea de mejor ajuste) debe ser la más pequeña posible (Triola, 2000, p. 503). Los *anexos 3 y 4* muestran las líneas de mejor ajuste para los dos metacarpianos que permiten los mejores estimados de estatura para cada uno de los sexos (*Figuras 5 y 6* para masculino y *figuras 7 y 8* para femenino).

Para determinar la ecuación de regresión para cada uno de los metacarpianos es necesario calcular cada uno de los coeficientes de regresión y el error estándar de la regresión, los cuales se encuentran relacionados en la *Tabla 7*. El primer coeficiente, β_0 indica la ordenada al origen de la recta, es decir el punto de corte en el eje y cuando el valor de x es igual a cero. El segundo coeficiente, β_1 indica la pendiente de la recta de regresión, es decir la magnitud en que cambia un valor de y (la estatura) por un incremento de una unidad en x (longitud de metacarpianos). Por último se presenta el error estándar de la regresión (S_e), que es una medida de que tanto los puntos de datos de la muestra original se desvían de su línea de regresión.

La *Tabla 8* presenta las ecuaciones de regresión para cada uno de los metacarpianos con el redondeo de las magnitudes realizado por MINITAB 16. Estas son las ecuaciones que permiten la predicción de la estatura de un individuo a partir de la longitud de cualquiera de sus metacarpianos; en el siguiente apartado explicaremos cual es la precisión y confiabilidad de estos estimados teniendo en cuenta los intervalos de predicción para observaciones futuras (IP) y el error estándar de la regresión (S_e).

TABLA 7 - Coeficientes y error estándar de la regresión para los metacarpianos

		Masculinos			Femeninos		
		β_0	β_1	S_e	β_0	β_1	S_e
Derecho	MTC1	111,329	1,340	5,137	78,330	1,933	5,371
	MTC2	87,601	1,259	4,059	90,410	1,088	5,504
	MTC3	86,856	1,314	4,222	97,630	1,003	5,974
	MTC4	92,770	1,375	4,623	97,760	1,123	5,920
	MTC5	91,960	1,514	4,893	97,230	1,227	5,694
Izquierdo	MTC1	111,072	1,362	4,778	90,290	1,642	5,654
	MTC2	91,334	1,213	4,248	93,100	1,047	5,834
	MTC3	89,309	1,281	4,403	102,410	0,920	6,139
	MTC4	91,310	1,405	4,817	114,930	0,786	6,042
	MTC5	105,410	1,246	5,147	96,260	1,245	5,780

β_0 : Ordenada al origen o intersección en el eje y.

β_1 : Pendiente de la recta, cambio en y por incremento de 1 unidad en x.

S_e : Error estándar de la regresión.

TABLA 8. Ecuaciones de regresión para estimación de estatura a partir de metacarpianos.

		Masculino	Femenino
Derecho	MTC1	Estatura = 111,3 + 1,34 MTC1	Estatura = 78,3 + 1,93 MTC1
	MTC2	Estatura = 87,6 + 1,26 MTC2	Estatura = 90,4 + 1,09 MTC2
	MTC3	Estatura = 86,9 + 1,31 MTC3	Estatura = 97,6 + 1,00 MTC3
	MTC4	Estatura = 92,8 + 1,37 MTC4	Estatura = 97,8 + 1,12 MTC4
	MTC5	Estatura = 92,0 + 1,51 MTC5	Estatura = 97,2 + 1,23 MTC5
Izquierdo	MTC1	Estatura = 111 + 1,36 MTC1	Estatura = 90,3 + 1,64 MTC1
	MTC2	Estatura = 91,3 + 1,21 MTC2	Estatura = 93,1 + 1,05 MTC2
	MTC3	Estatura = 89,3 + 1,28 MTC3	Estatura = 102,4 + 0,920 MTC3
	MTC4	Estatura = 91,3 + 1,41 MTC4	Estatura = 114,9 + 0,786 MTC4
	MTC5	Estatura = 105,4 + 1,25 MTC5	Estatura = 96,3 + 1,24 MTC5

4. CONCLUSIONES

- El análisis estadístico demostró que existe una correlación estadísticamente significativa entre la longitud interarticular de los metacarpianos y la estatura, en la muestra de individuos colombianos, lo cual confirma los resultados presentados en las investigaciones de Musgrave y Harneja (1978) y Meadows y Jantz (1991).
- Tanto para la muestra masculina como para la femenina los valores de correlación calculados en el presente estudio son ligeramente mayores a los obtenidos por Musgrave y Harneja (1978) para británicos blancos y por Meadows y Jantz (1992) para afro-descendientes americanos, aunque resultaron inferiores de los presentados por estos últimos para blancos americanos.
- Los errores estándar de la estimación calculados resultaron relativamente bajos en la muestra masculina, mientras que los de la muestra femenina son más elevados que los presentados por Musgrave y Harneja (1978) y por Meadows y Jantz (1992). Esta diferencia entre los sexos puede explicarse por los tamaños de las muestras utilizadas, que hacen que las formulas obtenidas para masculinos sean más confiables que las de femeninos, por lo que estas últimas deben usarse con precaución.
- Comparando los coeficientes de correlación y los errores estándar de estimación, los segundos metacarpianos son los que presentan la mayor correlación con la estatura en individuos masculinos y los primeros metacarpianos en femeninos, por lo que se le debe dar prioridad al uso de estas estructuras óseas en caso de que se disponga de varios metacarpianos.

- La aplicación de las fórmulas de regresión para predecir la estatura en casos futuros debe aplicarse con suma cautela en aquellos individuos cuya estatura y longitud de metacarpianos se encuentren por fuera del espacio de la muestra contemplada, es decir que sean inferiores a los mínimos o que excedan los máximos presentados en las estadísticas descriptivas.
- Dados los grados de correlación obtenidos, se puede afirmar que la construcción de formulas para la estimación de la estatura a partir de metacarpianos pueden resultar de gran utilidad en casos forenses en que no se disponga de otros huesos largos de las extremidades o en que no se pueda aplicar otros estándares métricos de aplicación poblacional específica para Colombia.
- El uso de los metacarpianos para la estimación de la estatura debe hacerse con precaución, y debe ser complementado con el análisis de otras estructuras óseas que presenten mayor confiabilidad y en la medida de lo posible con fórmulas para población colombiana.
- El uso de las formulas de regresión presentadas no debe hacerse de forma intensiva antes de que la confiabilidad de estas sea comprobada en una muestra que permita su validación. Este proceso de validación se llevará a cabo en una ampliación del presente proyecto que se llevará a cabo y será publicado por la división de investigación del INMLCF.

5. RECOMENDACIONES

5.1. EVALUACION DE LOS MODELOS DE REGRESIÓN.

Teniendo en cuenta que los resultados de los modelos de regresión creados para la estimación de la estatura a partir de la longitud de metacarpianos han sido satisfactorios, se recomienda que en el futuro se adelanten nuevos estudios que garanticen su aplicabilidad en contextos forenses. Para lo anterior sería necesario fortalecer los modelos de regresión planteados mediante el uso de una muestra de referencia de mayor tamaño. Adicionalmente sería de gran importancia probar la fiabilidad de los resultados entregados por las formular obtenidas, preferiblemente mediante el uso de una nueva muestra de control que permita calcular el grado de error y la confiabilidad de las estimaciones.

5.2. INTERVALOS DE PREDICCIÓN

Giles y Klepinger (1988) muestran como un error muy difundido en la antropología forense ha llevado a una interpretación incorrecta de los resultados obtenidos mediante fórmulas de regresión. Tradicionalmente, los antropólogos forenses han construido los intervalos de confianza para una predicción de estatura a partir del error estándar de la regresión, es decir sumando y restando el valor de S_e al resultado entregado por la formula. Sin embargo, como los autores lo explican, este uso del error estándar para estimar los intervalos de confianza es erróneo y conduce a resultados poco fiables.

La construcción de intervalos de confianza para un valor estimado de la talla debe llevarse a cabo cada vez que se introduzca un nuevo dato sobre longitud de metacarpianos en las fórmulas de regresión de la *Tabla 8*. Lo anterior se justifica por el aumento paulatino del error que se presenta a

medida que nuevos valores introducidos en la formula se alejan de la media de los datos de muestra originales. (Montgomery et al., 2002, p. 35). La estimación correcta del error estándar y de los intervalos de confianza debe llevarse a cabo mediante la aplicación de la siguiente formula:

$$Y \pm t * S_e \sqrt{1 + \frac{1}{N} + \frac{(x - \bar{x})^2}{(N - 1)S^2}}$$

Dónde:

Y = El resultado de estatura que entregue la ecuación de regresión.

t = Valor de t para un nivel de probabilidad determinado, con N-2 grados de libertad.

S_e = Error estándar de la regresión.

N = Tamaño de la muestra de la cual se dedujo la fórmula de regresión.

X = Longitud de metacarpianos conocida.

\bar{X} = Media del valor de muestra de la longitud del metacarpiano.

S = Desviación estándar de la longitud del metacarpiano.

A pesar de que la mayoría de datos necesarios para la aplicación de esta fórmula ya han sido presentados en tablas anteriores, La *Tabla 9* resume estos valores para que sean fácilmente consultados. Adicionalmente, la *tabla 10* presenta los valores de t, con un nivel de probabilidad determinado, que aplican a las muestras utilizadas en la presente investigación.

TABLA 9 - Valores necesarios para la estimación de los intervalos de predicción (IP)

		Masculinos				Femeninos			
		N	Media	S	S _e	N	Media	S	S _e
Derecho	MTC1	58	43,54	3,05	5,137	25	40,53	3,08	5,371
	MTC2	60	64,80	3,99	4,059	30	61,34	4,75	5,504
	MTC3	63	62,85	3,73	4,222	29	59,31	4,83	5,974
	MTC4	60	55,78	3,19	4,623	29	52,93	4,36	5,920
	MTC5	55	51,36	2,83	4,893	29	48,95	4,18	5,694
Izquierdo	MTC1	56	43,01	3,14	4,778	27	40,65	3,22	5,654
	MTC2	61	64,37	4,12	4,248	28	61,38	4,76	5,834

MTC3	59	62,69	3,88	4,403	28	58,94	4,93	6,139
MTC4	60	55,62	3,18	4,817	27	52,09	3,47	6,042
MTC5	57	51,36	3,06	5,147	28	48,81	4,18	5,780

N: Tamaño de la muestra.

S: Desviación Estándar de los datos de muestra.

S_e: Error estándar de la regresión.

TABLA 10 - Valores críticos para *t* en la muestra utilizada.

N - 2	Nivel de probabilidad del intervalo de predicción (IP)					
	80%	90%	95%	99%	99.5%	99.9%
23	1.319	1.714	2.069	2.807	3.104	3.485
24	1.318	1.711	2.064	2.797	3.091	3.467
25	1.316	1.708	2.060	2.787	3.078	3.450
26	1.315	1.706	2.056	2.779	3.067	3.435
27	1.314	1.703	2.052	2.771	3.057	3.421
28	1.313	1.701	2.048	2.763	3.047	3.408
60	1.296	1.671	2.000	2.660	2.915	3.232

6. ANEXOS

Anexo 1. Diagramas de dispersión para la mayor y menor correlación lineal en masculinos

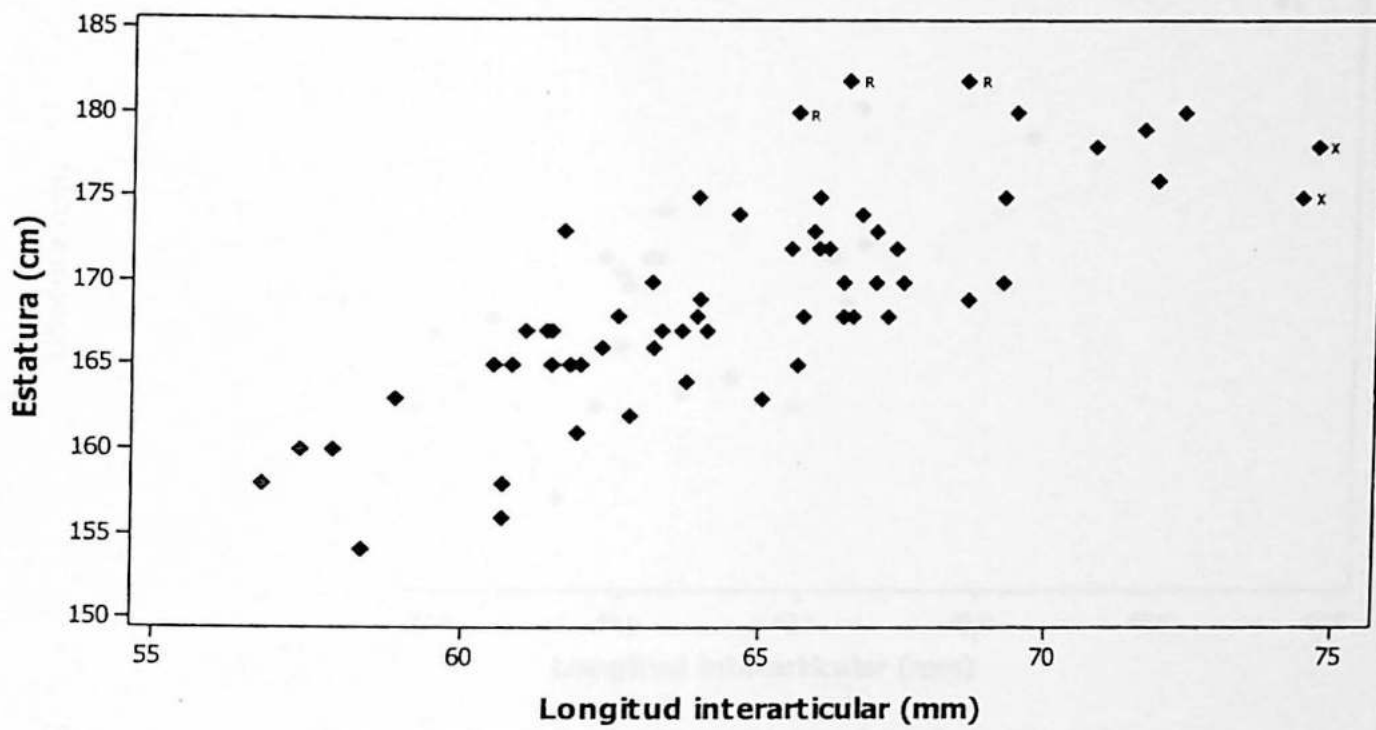


FIG 1. Diagrama de dispersión para el segundo metacarpiano derecho en masculinos

R: datos distantes, X: puntos influyentes

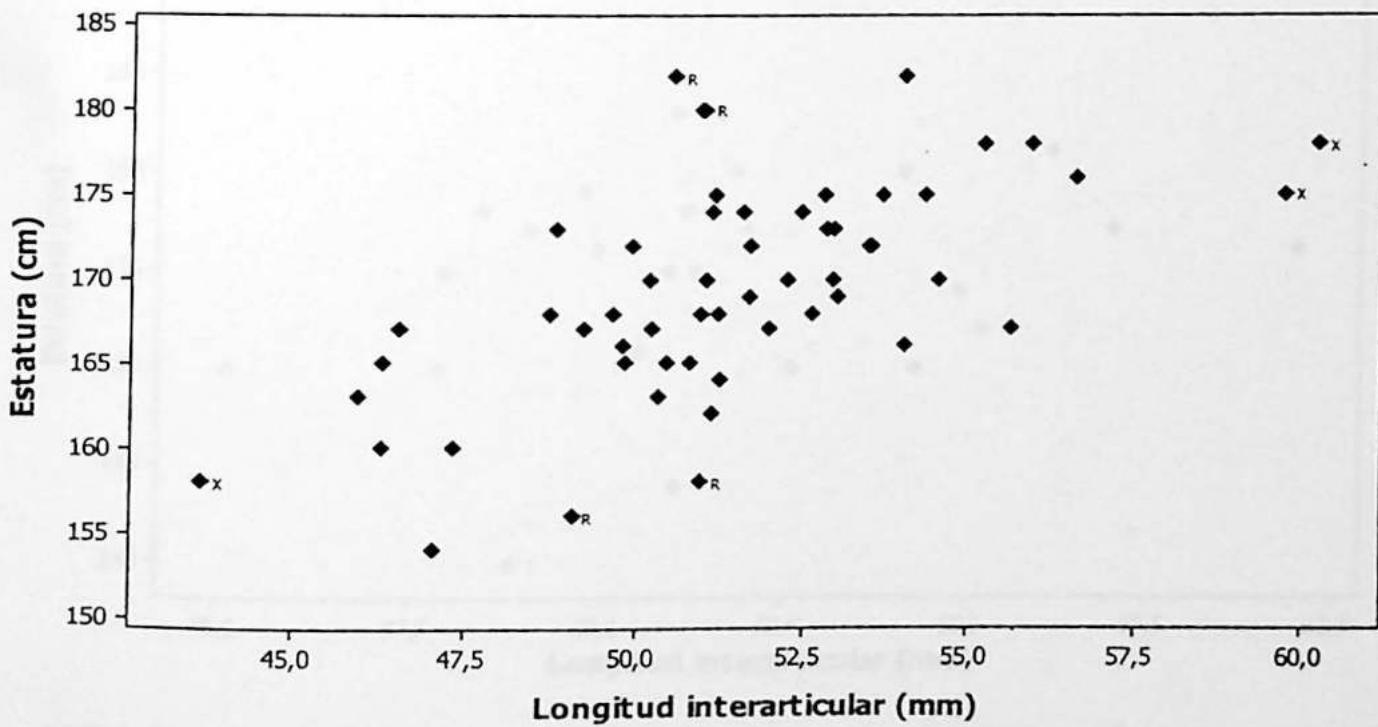


FIG 2. Diagrama de dispersión para el quinto metacarpiano izquierdo en masculinos

R: Datos distantes, X: Puntos influyentes

Anexo 2. Diagramas de dispersión para la mayor y menor correlación lineal en femeninos

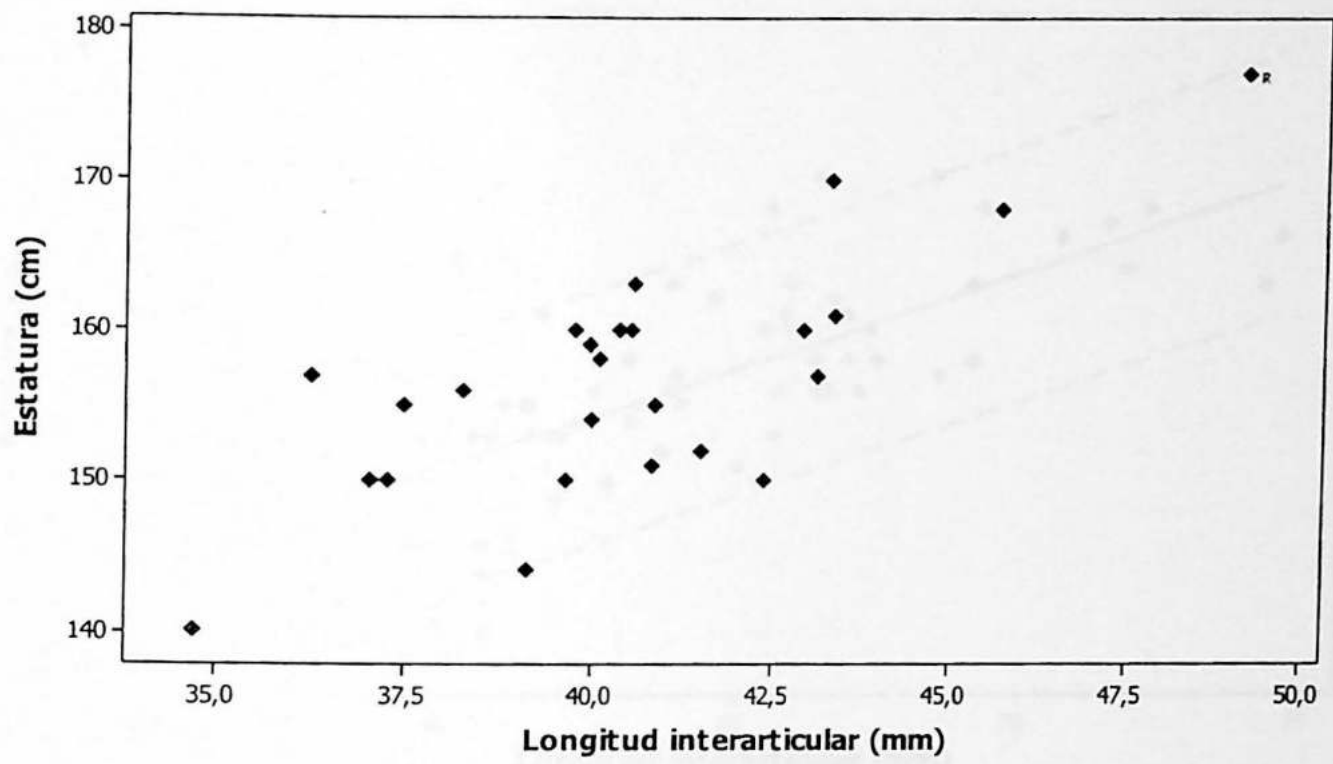


FIG 3. Diagrama de dispersión para el primer metacarpiano derecho en femeninos

R: Datos distantes

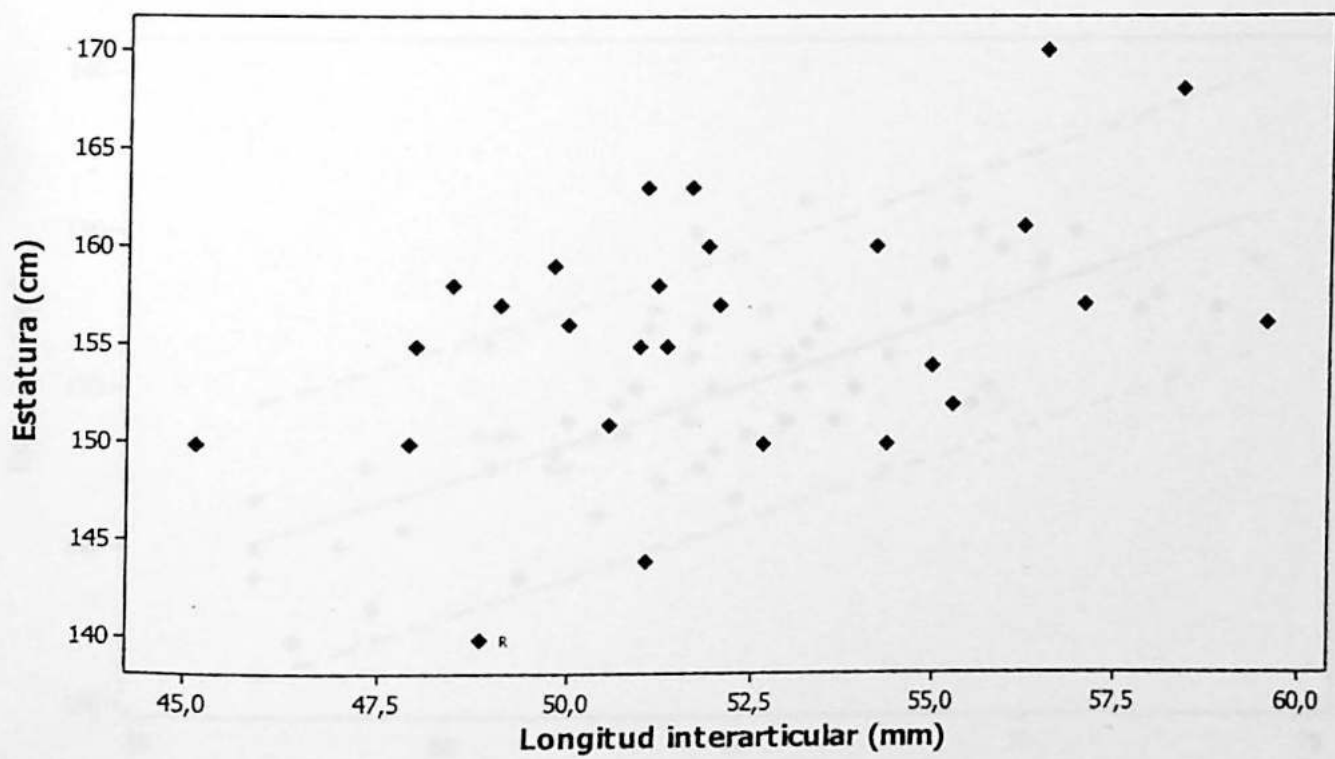


FIG 4. Diagrama de dispersión para el cuarto metacarpiano izquierdo en femeninos

R: datos distantes.

Anexo 3. líneas de regresión para metacarpianos con el mejor estimado de la estatura

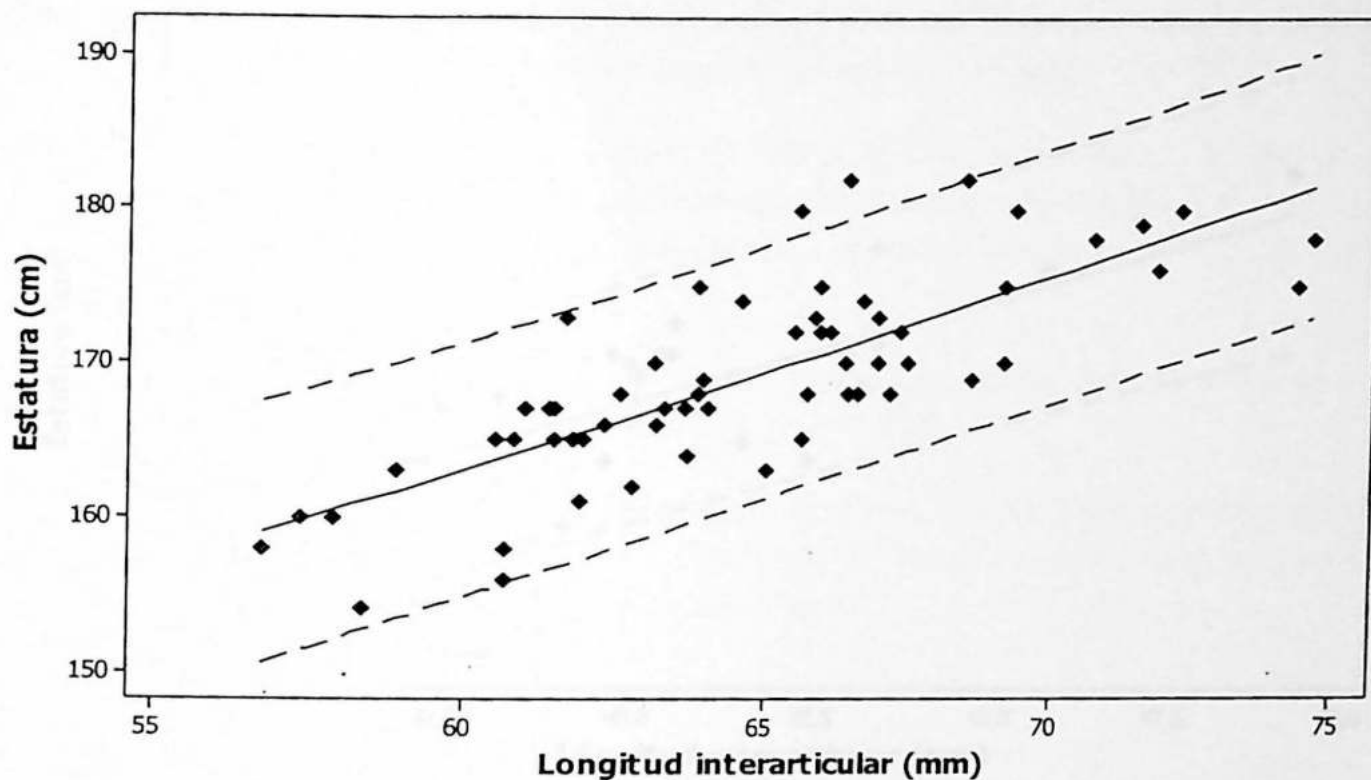


FIG 5. Regresion de la estatura en longitud de MTC2 derecho en masculinos con 95% de IP

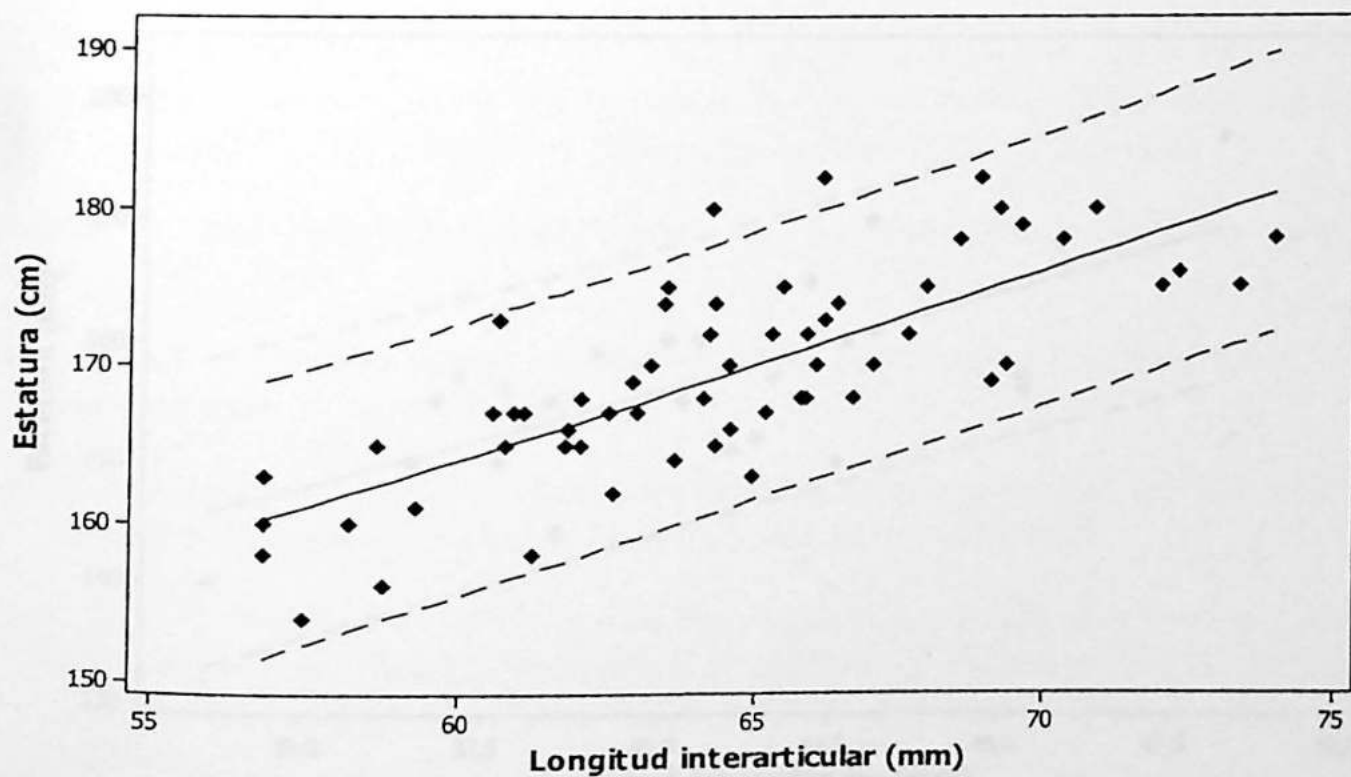


FIG 6. Regresion de la estatura en longitud de MTC2 izquierdo en masculinos con 95% de IP

Anexo 4. Metacarpianos con el mejor estimado de la estatura en femeninos

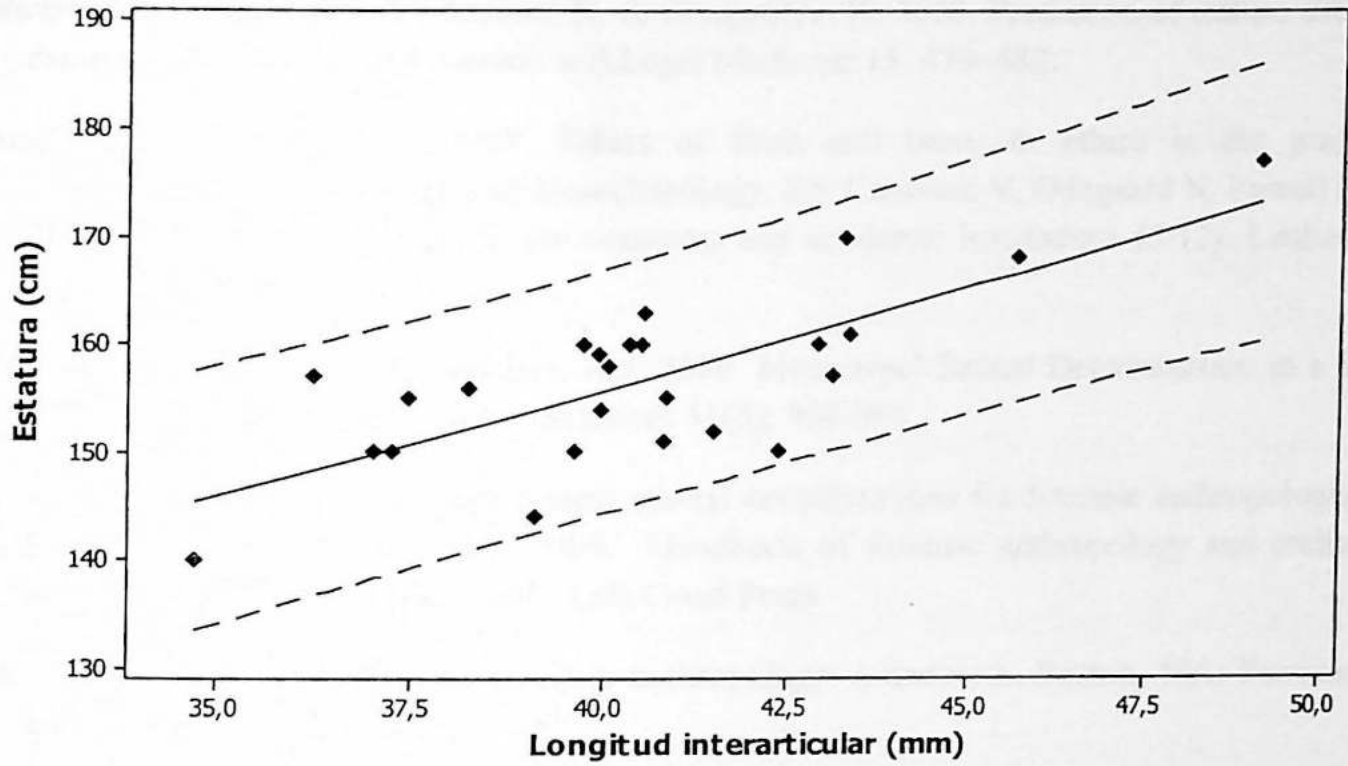


FIG 7. Regresion de la estatura en longitud de MTC1 derecho en femeninos con 95% de IP

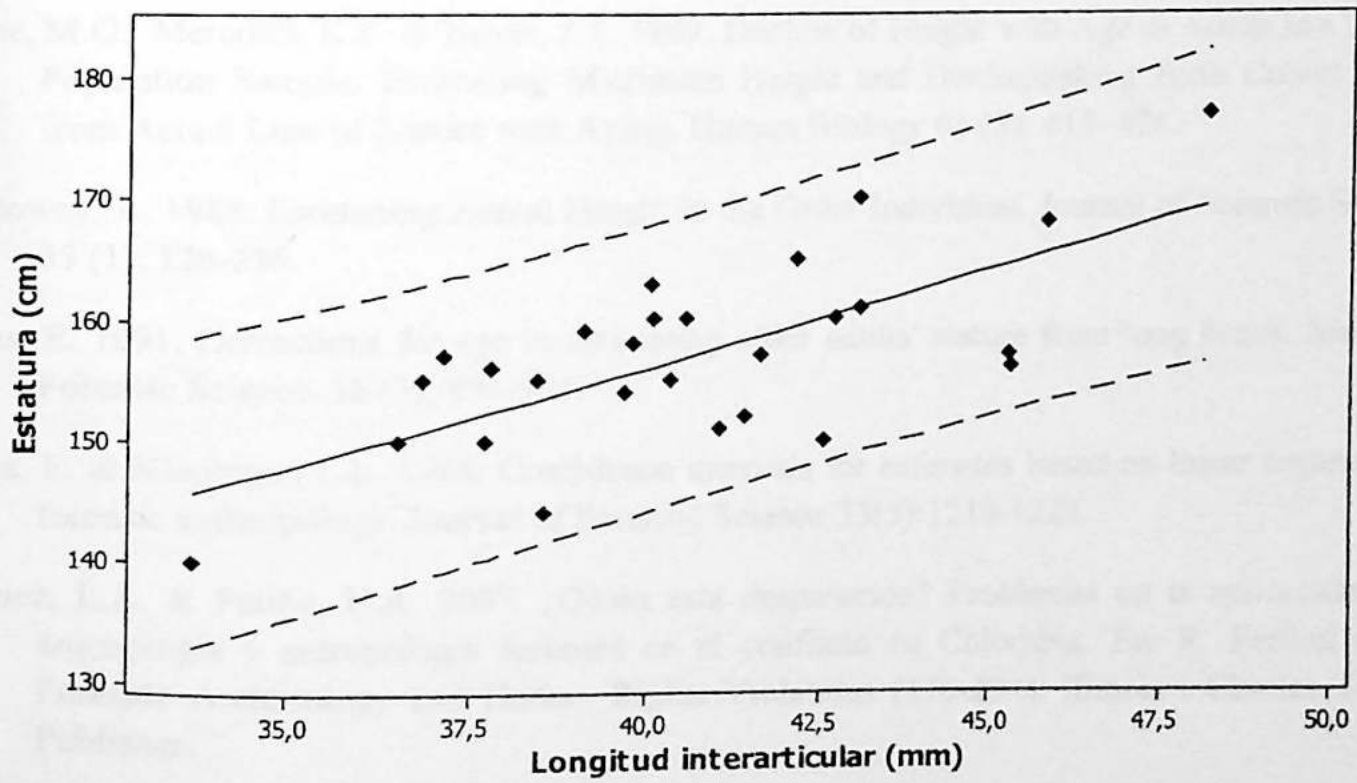


FIG 8. Regresion de la estatura en longitud de MTC1 izquierdo en femeninos con 95% de IP

7. BIBLIOGRAFÍA

- Agnihotri, A.K., Agnihotri, S., Jeebun, N. & Googoolye, K. 2008. Prediction of stature using hand dimensions. *Journal of Forensic and Legal Medicine* 15: 479–482.
- Alfonso, M.P. & Powell J. 2007. Ethics of flesh and bone, or ethics in the practice of paleopathology, osteology and bioarchaeology. En: Cassman V, Odegaard N, Powell J. (Eds). 2007. *Human remains: guide for museums and academic institutions* (5-12). Lanham, MD: AltaMira Press.
- Barrio, A.P., Tranco, J.G. & Sánchez, A.J. 2006. Metacarpal Sexual Determination in a Spanish Population. *Journal of Forensic Sciences* 51(5): 990-995.
- Blau, S. 2009. More than just bare bones: ethical considerations for forensic anthropologists. En: Blau S, Ubelaker DH. (Eds). 2009. *Handbook of forensic anthropology and archaeology* (457-467). Walnut Creek, Calif.: Left Coast Press.
- Byers, S.N. 2005. *Introduction to forensic anthropology: a textbook*. Boston, MA: Pearson/Allyn and Bacon.
- Chavarro, G.C. 2000. Fórmula para calcular estatura en población masculina colombiana a partir del humero izquierdo. Monografía de pregrado en antropología. Departamento de Antropología Universidad de los Andes – Instituto nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses.
- Cline, M.G., Meredith, K.E. & Boyer, J.T. 1989. Decline of Height with Age in Adults in a General Population Sample: Estimating Maximum Height and Distinguishing Birth Cohort Effects from Actual Loss of Stature with Aging. *Human Biology* 61 (3): 415- 426.
- Galloway, A. 1988. Estimating Actual Height in the Older Individual. *Journal of Forensic Sciences* 33 (1): 126-136.
- Giles, E. 1991. Corrections for age in estimating older adults' stature from long bones. *Journal of Forensic Science*. 36 (3): 898-901.
- Giles, E. & Klepinger, L.L. 1988. Confidence intervals for estimates based on linear regression in forensic anthropology. *Journal of Forensic Science* 33(5):1218-1222.
- Gómez, L.A. & Patiño, U.A. 2007. ¿Quién esta desaparecido? Problemas en la aplicación de la arqueología y antropología forenses en el conflicto en Colombia. En: R. Ferllini (Eds.). *Forensic Archaeology and Human Rights Violations* (170-204). Illinois : Charles Thomas Publisher.
- Gray, H. 1959. *Anatomy of the human body*. 27th ed. Philadelphia : Lea & Febiger

- Grieshaber, B.M. 2001. Estimation of Stature from the Maximum Metacarpal Lengths of the Ancient Maya. *Journal of undergraduate research*. 4: 113-119.
- Grima CP, Almagro LM, Tort-Martorell LX. 2004. *Estadística práctica con MINITAB*. Santafé de Bogotá: Prentice Hall.
- Habib, S.R., & Kamal, N.N. 2010. Stature estimation from hand and phalanges lengths of Egyptians. *Journal of Forensic and Legal Medicine* 17: 156-160.
- Harris, E.F., Aksharanugraha, K. & Behrents, R.G., 1992. Metacarpophalangeal length changes in humans during adulthood: A longitudinal study. *American Journal of Physical Anthropology* 87 (3): 263-275
- Himes, J.H., Yarbrough, C. & Martorell, R. 1977. Estimation of Stature in Children from Radiographically Determined Metacarpal Length. *Journal of Forensic Science* 22 (2): 452-456.
- İşcan, M.Y. 2005. Forensic anthropology of sex and body size. *Forensic Science International* 147: 107-112.
- Ilayperuma, I., Nanayakkara, G. & Palahepitiya N. 2009. Prediction of personal stature based on the hand length. *Galle Medical Journal* 14 (1):15-18.
- Jasuja, O.P. & Singh, G. 2004. Estimation of stature from hand and phalange length. *Journal of Indian Academy of Forensic Medicine* 26 (3): 100-106.
- Karaman AG, Teke HY, Günay I, Doğan B, Bilge Y. 2008. Height Estimation Using Anthropometric Measurements On X-Rays Of Wrist And Metacarpal Bones. *The Internet Journal of Biological Anthropology* 2 (1). Disponible en URL: <http://www.ispub.com/ostia/index.php?xmlFilePath=journals/ijba/vol2n1/height.xml#h1-0>
- Kimura, K. 1991. Estimation of adult stature from second metacarpal, *Journal of National Defense Medical College* 16 (2):117-20.
- Kimura, K. 1992a. Estimation of stature from second metacarpal length in Japanese children. *Annals of Human Biology* 19 (3): 267-275.
- Kimura, K. 1992b. Estimation of stature in children from second metacarpal measurements. *Zeitschrift für Morphologie und Anthropologie* 79 (1): 11-20.
- Krishan, K., Kanchan, T., & DiMaggio, A.J. 2010. A study of limb asymmetry and its effect on estimation of stature in forensic case work. *Forensic Science International*. 200: 181.e1-181.e5 *ARRAEGIAN REFERENCIAS* (4-3) ✕
- Krishan, K. & Sharma A. 2007. Estimation of stature from dimensions of hands and feet in a North Indian population. *Journal of Forensic and Legal Medicine* 14: 327-332.

- Lundy, J.K. 1985. The mathematical versus anatomical methods of stature estimates from long bones. *The American Journal of forensic medicine and pathology* 6 (1):73-76.
- Mantilla, H. J., Cárdenas, D.N. & Jácome, B.J. 2009. Estimación de la Talla a Partir de la Medida de la Tibia en Población Colombiana. *International Journal of Morphology* 27 (2): 305-309.
- Meadows, L. & Jantz, R.L. 1992. Estimation of stature from metacarpal lengths. *Journal of forensic sciences* 37 (1):147-154.
- Meisel, R.A. & Vega, A.M. 2007. La calidad de vida biológica en Colombia: antropometría histórica 1870-2003. Cartagena : Banco de la República, Centro de Estudios Regionales.
- Montgomery, C.D., Peck, A.E. & Vining, G.G. 2002. Introducción al análisis de regresión lineal. México: Compañía Editorial Continental.
- Musgrave, J.H. & Harneja, N.K. 1978. The estimation of adult stature from metacarpal bone length. *American journal of physical anthropology* 48 (1): 113-119.
- Ousley, S. 1995. Should We Estimate Biological or Forensic Stature? *Journal of Forensic Science*. 40 (5): 768-773
- Ozaslan, A., Koç, S., Ozaslan, I. & Tugcu, H. 2006. Estimation of Stature from Upper Extremity. *Military Medicine*, 171 (4): 288-291.
- Rastogi, P., Nagesh, K.R., & Yoganarasimha K. 2008. Estimation of stature from hand dimensions of north and south Indians. *Legal Medicine* 10: 185-189.
- Registraduría Nacional del Estado Civil. Funciones de la Registraduría. Pagina web oficial (Recurso electrónico). Disponible en URL: http://www.registraduria.gov.co/Informacion/func_regis.htm
- Reichs, J.K. 1998. Postmortem Dismemberment: Recovery, analysis and interpretation. En: Reichs JK, (Eds.) *forensic osteology: Advances in the identification of human remains* (353-387). Springfield: Charles C. Thomas.
- Rodríguez, C.J. 2004. La antropología forense en la identificación humana. Universidad nacional de Colombia. Editora Guadalupe Ltda: Bogotá.
- Ross, A.H. & Kimmerle, E.H. 2009. Contribution in Quantitative methods in forensic anthropology: A new era. En S. Blau, & D.H. Ubelaker (Eds.), *Handbook of forensic anthropology and archaeology* (479-489). Walnut Creek: Left Coast Press.
- Sanabria, M.C. 2001. Estimación de la estatura en población colombiana a partir de osteometría de la tibia. Instituto nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses – Asociación Colombiana de Antropología Forense. (Inédito) citado en Sanabria, 2004 (2da Ed.): 400- 402.
- Sanabria, M.C. 2004. Antropología forense y la investigación médico legal de las muertes. (2da Ed.). ACAF. Facultad de investigación criminal policía nacional. Bogotá.

- Sanli, S.G., Kizilkanat, E.D., Boyan, N., Ozsahin, E.T., Bozkir, M.G., Soames, R., Erol, H. & Oguzi, O. 2005. Stature Estimation Based on Hand Length and Foot Length. *Clinical Anatomy* 18:589–596.
- Schwartz, J.H. 1995. *Skeleton keys : an introduction to human skeletal morphology, development, and analysis*. New York: Oxford University Press.
- Triola, F.M. 2000. *Estadística elemental*. Bogotá: Prentice Hall.
- Trotter, M. & Gleser, G.C. 1952. Estimation of stature from long bones of American Whites and Negroes. *American Journal of Physical Anthropology* 10 (4): 463–514.
- Wilbur, A.K. 1998. The utility of hand and foot bones for the determination of sex and the estimation of stature in a Prehistoric Population from West-Central Illinois. *International journal of osteoarchaeology* 8 (3): 180-191.