



**UNIVERSIDAD DE CHILE
INSTITUTO DE NUTRICION Y TECNOLOGIA DE LOS ALIMENTOS (INTA)**

**TITULO TESIS: DESARROLLO DE NUEVA FÓRMULA PARA ESTIMAR ESTATURA
EN POBLACIÓN CHILENA ADULTA, A PARTIR DEL LARGO DEL FÉMUR.**

**DIRECTORA DE TESIS: RAQUEL BURROWS ARGOTE.
ALUMNA MAGISTER: VIOLETA ABARCA LABRA.**

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGISTER EN CIENCIAS DE LA NUTRICION
MENCION PROMOCIÓN DE LA SALUD Y PREVENCIÓN DE ENFERMEDADES
CRÓNICAS NO TRANSMISIBLES.**

**SANTIAGO - CHILE
Agosto de 2013**

2. RESUMEN

Introducción: La estimación de la estatura a partir del largo del fémur es relevante para distintos campos profesionales como ciencias forenses e identificación y salud pública.

Problema: La población chilena pasa por un cambio secular pondo-estatural y las fórmulas utilizadas para estimar estatura desde largos óseos no se adecúan a la realidad actual. Asimismo es difícil acceder a largos óseos y/o muestras actuales esqueletizadas con estatura conocida y debidamente estimada. **Objetivo Gral.:** El objetivo de esta investigación fue desarrollar una nueva fórmula para estimar estatura a partir del largo del fémur en población chilena actual, utilizando imágenes DEXA (Absorciometría de Doble Energía Radiológica).

Metodología: Estudio transversal y muestra de 176 individuos (95 hombres y 81 mujeres entre 16-18 años) provenientes de una cohorte estudiada por el Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos (INTA) y la Universidad de Michigan (Financiado por Proyecto NIH), cuya estatura es conocida y poseen imágenes DEXA de cuerpo entero. El largo del fémur se estimó mediante el método Linear Pixel Counter (LPC) a partir de imágenes DEXA (Lunar iDXA EnCORE 2011 Versión 13.60.033 Copyright © 1998-2010; Lunar DPX-LIQ; Lunar Corp., Madison, WI, USA).

Variable dependiente: Estatura. **Variable independiente:** Largo máximo del fémur. **Resultados:** Nuevo modelo de regresión lineal simple para estimar estatura a partir del largo del fémur en población chilena actual. **Conclusiones:** La estatura estimada mediante la nueva fórmula no presenta diferencias significativas respecto de la estatura real del individuo (Suma de Rangos de Wilcoxon $p > 0,05$). Las otras fórmulas tradicionalmente empleadas: Trotter y Gleser (1958); Genovés (1967); Del Angel y Cisneros (2004); Ross y Manneschi (2011 y 2012) presentan al menos un sexo cuya estatura difiere significativamente de la estatura real del individuo (Suma de Rangos de Wilcoxon $p < 0,05$).

Palabras claves: Estimación de estatura, largo femoral, Absorciometría de Doble Energía Radiológica, cambio secular, antropología.

3. ABSTRACT

Introduction: Height estimation based on femur length is relevant to several professional fields, such as forensic science and public health. **Problem:** The Chilean population has gone through a secular weight-height change, and the formulas that are currently used to estimate height from long bones are not adequate today. Likewise, it is difficult to access long bones and/or up-to-date skeletal samples with known height and proper estimation. **General Objective:** The objective of this study was to develop a new formula for estimating height based on femur length in the current Chilean population, using DEXA images (Dual-Energy X-ray Absorptiometry). **Methodology:** This was an observational cross-sectional study with a sample of 176 individuals (95 men and 81 women, aged 16-18), whose height was known and for whom full body DEXA images were available. Subjects were taken from a cohort used by the National Institute for Nutrition and Food Technology (INTA) and the University of Michigan (financed by an NIH grant). Femur length was estimated by the Linear Pixel Counter method (LPC), using the DEXA images (Lunar iDXAEnCORE 2011 Version 13.60.033 Copyright © 1998-2010; Lunar DPX-LIQ; Lunar Corp., Madison, WI, USA). **Dependent Variable:** Height. **Independent Variable:** Maximum femur length. **Results:** A new simple linear regression model for estimating height based on femur length in the present Chilean population. **Conclusions:** It was observed that height estimated through the new formula did not show significant differences with the real height of the individual (Wilcoxon signed-rank test $p > 0.05$). In the case of other formulas which are traditionally used: Trotter and Gleser (1958); Genovés (1967); Del Angel and Cisneros (2004); Ross and Manneschi (2011 and 2012), the height of at least one sex is significantly different from the real height of the individual (Wilcoxon signed-rank test $p < 0.05$).

Key words: Height estimation, femur length, dual-energy X-ray absorptiometry, secular change, anthropology

4. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

La estimación de la estatura a partir de largos óseos es información de relevancia para distintos campos profesionales. En el ámbito forense, la estimación de la estatura es un parámetro esencial, utilizado a menudo para confirmar las identificaciones preliminares en restos esqueletizados [1-3]. Asimismo, es de importancia en el campo de la salud pública, fundamentalmente entre poblaciones como la chilena, donde se observa el fenómeno de cambio secular, que ha contribuido a aumentar en varios centímetros la estatura de nuestra población durante las últimas décadas [4].

El fémur, presenta los coeficientes de correlación más altos con la estatura del individuo ($R= 0.8-0.9$) y ha sido ampliamente utilizado como estimador [1, 5-8].

Sin embargo, todos los métodos que existen para estimar estatura a partir del largo óseo han sido desarrollados para poblaciones distintas de la chilena, y previas a los cambios seculares mencionados [4, 9]. Los más utilizados en población chilena son los métodos desarrollados por Genovés [6], Del Ángel y Cisneros [10] y Trotter M. y Gleser G. [5], todos ellos adecuados a población mexicana y/o mongoloide. Por otro lado, Ross y Manneschi [11, 12] han desarrollado un método para estimar estatura en población chilena subactual, aún en validación. Sin embargo, al aplicar dicha fórmula, las estaturas estimadas invierten la tendencia en la relación estatura hombre/mujer dada por todos los otros métodos, permitiéndonos cuestionar su utilidad para nuestra población [13]. Otro problema es la escasez de material esquelético reciente y bien documentado para desarrollar ecuaciones de regresión lineal entre largo femoral y estatura observada. En el ámbito forense, realizar este tipo de investigaciones, conlleva la dificultad adicional de contar con el consentimiento informado de los familiares del sujeto fallecido.

Una alternativa ya validada para acceder al largo óseo en humanos es la absorciometría de doble energía radiológica (DEXA) [8, 14, 15]. Se trata de una técnica simple que utiliza poca radiación y que permite obtener información del cuerpo completo de una persona. DEXA utiliza una fuente radiológica que emite dos niveles de energía que se atenúan de forma distinta al travesar los tejidos corporales y es utilizado como estándar para la medición de densidad mineral ósea.

El objetivo de esta investigación fue desarrollar una nueva fórmula para estimar estatura a partir del largo del fémur en población chilena, utilizando imágenes DEXA. Se trabajó con una muestra de población chilena adulta compuesta por 176 sujetos con edad,

sexo, nivel socioeconómico, condición de salud y estatura conocidas; e imágenes DEXA de cuerpo completo¹.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño de estudio transversal.

5.1 Muestra

Se calculó el tamaño muestral respecto de un modelo de regresión simple, con un intervalo del 95% de confianza. El número mínimo de sujetos requeridos por sexo, considerando la D.E. de la estatura de población chilena de acuerdo a Abarca² [13], es de 81 sujetos por cada sexo. Sin embargo la población chilena es altamente heterogénea y existen muchas variables que no pueden ser controladas en estudios observacionales, por lo que, se trabajó con una muestra de 176 individuos proveniente de una cohorte de 650 sujetos, nacidos entre 1991 y 1994, y reclutados entre 2009 y 2012 (ver figura 1). Todos los individuos habitan la ciudad de Santiago y pertenecen a niveles socioeconómicos bajos. Actualmente esta cohorte es parte de los estudios llevados a cabo por el INTA. Los individuos han sido controlados durante todo su proceso de crecimiento y desarrollo; todos han alcanzado su talla final, y la mayor parte de su maduración ósea.

La muestra incluyó hombres y mujeres, entre los 16- 18 años de edad, con un estado nutricional dado por su Índice de Masa Corporal (IMC) y su zIMC entre ± 2 D.E., de acuerdo a los criterios de la OMS [16]. Además se consideró una Densidad Mineral Ósea (DMO) y zDMO entre ± 2 D.E. , de acuerdo a los criterios de la OMS [17]. El punto de corte correspondiente a ± 2 D.E. dice referencia con un parámetro que se aleja de la normalidad *esperada* para una población, indicando una condición de riesgo y no necesariamente una condición patológica [18]. Para el caso del estado nutricional incluye sujetos normopeso y sobrepeso. Asimismo, se incluyen sujetos con una densidad mineral ósea disminuida

¹ Financiado por el proyecto NIH/NHLBI-grant-RO1HL088530. Proyecto conjunto INTA (Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos, Universidad de Chile), Universidad de Michigan y Universidad de California, San Diego.

² Desviación estándar ± 9 , obtenida de los estudios realizados por Abarca (2011), quien trabajó con una muestra población chilena residente en zona urbana, menor de 45 años y bajo NSE, perteneciente a la ENS 2003.

(osteopenia), cuya condición es reversible. Esta decisión metodológica busca reflejar la realidad de la población chilena en la actualidad, donde más del 40% de ésta se halla en situación de sobrepeso [19, 20].

Se excluyeron individuos con patologías registradas que afectaron su crecimiento y desarrollo. Asimismo se excluyeron individuos cuya imagen DEXA **no** fuese obtenida a partir del modelo Lunar DPX-LIQ; Lunar Corp., Madison, WI, USA y software Lunar iDXA EnCORE 2011 (Versión 13.60.033 Copyright © 1998-2010).

5.2 Metodología

Estatura y largo máximo del fémur

La variable independiente fue el largo del máximo del fémur, medido en centímetros en la imagen DEXA, mediante el método LPC [14] (ver figura 2). Mientras que la variable dependiente fue estatura, medida en centímetros, de acuerdo a la metodología en los protocolos del proyecto NIH/NHLBI-grant-RO1HL088530 [21, 22].

La relación entre imagen y el segmento óseo real se encuentra validada y documentada en la literatura especializada [8, 14, 15]. Se trabajó con el método LPC (disponible en el software EnCORE 2011 versión 13.60.033 Copyright © 1998-2010), propuesto por Chinappen-Horsley U. y cols. [14] ya que resulta más preciso y presenta menor error intra-observador. Este método ha sido utilizado también por Hasegawa y cols. en población japonesa [15] y Abrahamyan D. y cols. en población caucásica [8].

La estimación del largo del fémur, corresponde al largo máximo del fémur, también llamado largo perpendicular del Fémur “*que se mide desde el punto más proximal de la cabeza hasta el punto más distal del cóndilo medial.*” [1]. Cabe destacar que el segmento óseo fue medido con un zoom de 150% de la imagen.

Para controlar la diferencia entre imagen DEXA y largo real del fémur, se utilizó una sub-muestra de 30 fémur humanos medidos en un osteómetro, pertenecientes a la colección bioantropológica “Cementerio General” de la Universidad de Chile, Departamento de Antropología. De cada una de estas unidades anatómicas se obtuvo una imagen DEXA, la cual fue medida mediante el método LPC. Finalmente se compararon las medidas obtenidas mediante el osteómetro y LPC (T-test pareado).

A continuación, desde la muestra de 176 individuos actuales, se seleccionaron 30 individuos al azar y dos observadores (R. Rivera y V. Abarca) realizaron cinco mediciones consecutivas, para controlar el error intraobservador e interobservador.

Finalmente, se desarrolló un modelo de regresión para cada sexo por separado. Esto debido a que análisis estadísticos previos indican que la interacción entre variables Sexo y Largo Máximo del Fémur tiene un efecto significativo sobre la estatura de un individuo.

Análisis Estadístico

Todo el manejo de las bases de datos fue realizado con el programa Excel (Microsoft Corporation 2010) y los análisis estadísticos fueron realizados con el programa estadístico STATA 10 (Stata Corp, College Station, TX).

En primer lugar, las variables de interés fueron sometidas a análisis de distribución normal (Shapiro-Wilk), eliminándose casos outlier.

El error intra e inter-observador fue evaluado mediante un análisis Anova de dos vías en donde la variable respuesta cuantitativa fue el largo óseo (cm) y los factores fijos fueron: Observador (obs 1 y obs 2) y momento de observación (m1, m2, m3, m4, m5).

Respecto de la relación entre el largo del fémur y la estatura conocida del individuo, se realizó una prueba de correlación simple, utilizando el coeficiente de correlación de Pearson (R), entre las variables de interés: largo del fémur (cm) y estatura observada (cm). A continuación se realizó una regresión lineal simple para cada sexo, donde las variables fueron: estatura de individuo y largo máximo del fémur, obteniendo desde allí modelos predictivos para cada sexo.

Finalmente, se realizó la comparación de la estaturas estimadas mediante la nueva fórmula y las desarrolladas por: Trotter M. y Gleser G. [5] para población mongoloide y mexicana; Genovés [6], Del Ángel y Cisneros [10] para población mexicana, y Ross y Manneschi [11, 12] para población chilena. Como la submuestra trabajada sólo constaba de 30 individuos, se utilizó la prueba no paramétrica suma de rangos de Wilcoxon, para muestras pareadas.

6. RESULTADOS

La estatura de las mujeres resultó en promedio 160,64cm (D.E. 5,92), mientras que la estatura de los hombres tuvo un promedio de 171,18cm (D.E. 5,39) En la Tabla 1, es posible observar también la distribución del largo femoral medido mediante el método LPC a partir de la imagen DEXA (Gráfico 1). Los análisis de correlación y regresión lineal fueron realizados para cada sexo por separado. Todas las variables son independientes y presentan una distribución normal (Shapiro-Wilk $p>0,05$).

Error inter e intraobservador

Los resultados del análisis Anova de dos vías y de efecto fijo, indican que ninguno de los factores tiene un efecto significativo sobre el largo del fémur (Anova $p>0,05$). Es decir, la medida del largo femoral no varía si es efectuada en diferentes tiempos y/o por observadores distintos.

Diferencia entre largo óseo real e imágenes obtenidas desde DEXA

Para controlar la diferencia entre el largo óseo real, medido en Osteómetro y el largo óseo obtenido mediante el método LPC, se utilizó una submuestra ósea proveniente de la Colección Osteológica Cementerio General (Departamento de Antropología, Universidad de Chile), ya trabajada anteriormente [13]. Se aplicó DEXA a cada una de las unidades óseas y posteriormente su imagen fue medida mediante el instrumento LPC (Figura 3). Los análisis estadísticos realizados indican que las variables (largo máximo del fémur en Osteómetro y LPC) distribuyen de forma normal y tienen varianzas semejantes (Test Desviación Estándar y Shapiro-Wilk $p>0,05$). El largo femoral medido por LPC aumenta 0,23 cm promedio respecto del largo osteométrico. (Tabla 2). La comparación llevada a cabo mediante T-test, indica que no existe diferencia significativa ($p>0,05$) entre el promedio de las observaciones realizadas con LPC y el osteómetro. Se decidió no considerar la diferencia milimétrica, pues corresponde a menos del 1% de magnificación de la imagen, ya señalado como una diferencia no significativa por la literatura [14, 15] (Tabla 2 y Tabla 3).

Modelo de Regresión Lineal

Inicialmente, se evaluó en un modelo general que incluyó las variables largo máximo femoral, sexo y el efecto de la interacción entre estas variables sobre la estatura del individuo. Todas las variables y su interacción tienen un efecto significativo sobre la Estatura ($p=0,00$); por ello se desarrollaron modelos separados para cada sexo, controlando así el efecto de la interacción. Es posible observar una correlación lineal y positiva entre las variables “Estatura” y “Largo óseo del Fémur”, con un coeficiente de correlación $R=0,89$ para mujeres y $R=0,83$ para hombres (Tabla 4), ambos valores semejantes a lo referido anteriormente para población mongoloide, mexicana y japonesa [5-7, 15]. La tabla 4 presenta las ecuaciones para estimar estatura de acuerdo a sexo. El modelo ajustado explica significativamente ($p<0,05$) la variabilidad de la estatura para cada sexo (Gráfico 3; Gráfico 4; Tabla 4). Finalmente, los análisis post-hoc para evaluar heterocedasticidad y residuos indican un buen ajuste de los modelos para cada sexo, en particular los residuos distribuyen normal para ambos sexos (Breusch-Pagan y Cook-Weisberg $p>0,05$)

Comparación con otras ecuaciones utilizadas para estimar estatura

Con el objetivo de comparar la ecuación aquí desarrollada respecto de otras ecuaciones frecuentemente utilizadas en población chilena, se aplicó la nueva fórmula a una submuestra de 30 individuos extraídos directamente desde la cohorte NIH-INTA (Figura 2; Tabla 5). Se utilizaron las fórmulas: Trotter M. y Gleser G. [5] para población mexicana y mongoloide; Genovés S. [6] para población mexicana; Del Ángel y Cisneros [10] para población mexicana; Ross A. y Manneschi M. [11] para población chilena. Los análisis fueron realizados para cada sexo por separado. Se utilizó la prueba Suma de Rangos de Wilcoxon (95% confianza), los resultados se aprecian en la Tabla 6, Gráfico 5 y Gráfico 6.

Todas las ecuaciones usualmente utilizadas para estimar estatura en población chilena, presentan al menos un sexo con diferencia significativa respecto de la estatura real del individuo (Wilcoxon $p<0,05$) La ecuación desarrollada en esta investigación es la única que en ambos sexos no presenta diferencias significativas con la estatura real del individuo. (Gráficos 5 y 6, Tabla 6).

7. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Respecto de la validez interna y externa

La presente investigación desarrolló un modelo predictivo para estimar estatura a partir del largo anatómico del fémur, en población chilena actual. La aproximación al largo femoral se logró mediante la utilización de imágenes DEXA y su medición utilizando el método LPC.

La relación entre la estimación de medida ósea mediante LPC en imágenes DEXA y el largo del segmento óseo real, ha sido documentada y validada en la literatura [8, 14, 15]. Los análisis llevados a cabo con la muestra esquelética Cementerio General (Universidad de Chile, departamento de Antropología) refuerzan los antecedentes, donde la magnificación de la imagen DEXA corresponde a menos de un 1% [14, 15]. Es importante recalcar la utilidad probada, de utilizar las imágenes DEXA y la herramienta LPC para estimar largos óseos en población viva.

Otros factores que podrían afectar la medición de segmentos óseos a partir de imágenes DEXA son el tipo de imagen dada por la máquina y la posición del paciente al momento de obtener la imagen. Para descartar la primera fuente de variación, se utilizaron imágenes de individuos obtenidas con el modelo Lunar DPX-LIQ; Lunar Corp., Madison, WI, USA) y software Lunar iDXA EnCORE 2011 (Versión 13.60.033 Copyright © 1998-2010), constituyendo este requisito uno de los primeros criterios de exclusión al momento de seleccionar la muestra. Por otra parte, respecto de la posición del paciente, es importante destacar que existe un protocolo de posición anatómica que el sujeto a examinar debe cumplir antes de iniciar los procedimientos. Dicho protocolo, es salvaguardado por personal entrenado para la toma de exámenes y ese es el caso del Centro Diagnóstico del INTA (CED-INTA), Universidad de Chile.

Aportes y limitaciones al establecer Modelo Predictivo para estatura en población chilena

El planteamiento de modelos predictivos para cada sexo por separado fue una solución metodológica, en primer lugar porque existe un efecto significativo de la interacción entre las variables sexo y largo máximo del fémur. En segundo lugar, porque

estudios anteriores indican que el comportamiento de la estatura entre población chilena obedece a fenómenos poblacionales y biológicos que varían según sexo [13, 23, 24].

El modelo de regresión propuesto, fue comparado respecto de la utilización de otros modelos tradicionalmente empleados para estimar estatura en nuestra población. Es posible observar que otras fórmulas, como las propuestas por Trotter y Gleser para mongoloides y mexicanos [5] y Del Ángel y Cisneros para mexicanos [10] se adecúan bien a población chilena actual masculina y femenina respectivamente. Mientras que la fórmula propuesta por Ross y Manneschi [11, 12] no resulta útil en población chilena femenina y actual.

El errático comportamiento de las fórmulas tradicionalmente utilizadas indica la relevancia de dos aspectos contextuales a ser considerados en la investigación actual: pertinencia poblacional y pertinencia generacional de los modelos predictivos. Es decir, hay que considerar que las poblaciones latinoamericanas y en particular la población chilena, son fruto de un mestizaje entre indígenas y europeos (española). Asimismo, una serie de procesos políticos-económicos e históricos se traducen en cambios sustanciales de las condiciones de vida, salud y alimentación de la población durante los últimos 100 años, lo que se ha expresado y referido en la literatura especializada como cambio secular pondo-estatural [4, 13, 25]. De este modo, se entiende que las fórmulas tradicionalmente utilizadas no resultan útiles porque las muestras a partir de las cuales fueron desarrolladas no son representativas de la población chilena actual.

La ecuación propuesta por Trotter M. y Gleser G. utiliza una submuestra de población mongoloide pequeña y heterogénea que incluye mayormente poblaciones asiáticas y algunos mexicanos-americanos fallecidos en la Guerra de Korea [26]. Igualmente, Genovés utiliza una muestra de población mexicana pequeña y de nivel socioeconómico bajo, obtenida de la Escuela Nacional de Medicina de México, posteriormente Del Ángel y Cisneros corrigen la fórmula desarrollada por Genovés para mexicanos [10].

Por otra parte, la necesidad de una pertinencia generacional del modelo, se ve ejemplificada al aplicar la fórmula propuesta por Ross y Manneschi [11, 12], donde las diferencias resultan significativas para los individuos femeninos. Esto porque la muestra utilizada para desarrollar la fórmula de Ross y Manneschi, corresponde a la "Colección Osteológica Cementerio General" compuesta por sujetos nacidos a inicios del siglo XX que presentan condiciones deficitarias de vida, salud y alimentación y no evidencian en su

fenotipo el proceso de “cambio secular”. Asimismo, es sabido, Chile presenta inequidades económicas y sociales que también se expresan en el fenotipo estatura, donde se observa que poblaciones más pobres tienden a presentar estaturas más bajas y poblaciones de mayor Nivel Socioeconómico presentan estaturas más altas [13, 19, 20, 23, 27].

En este contexto, también es necesario considerar el comportamiento diferencial de la estatura de acuerdo al sexo, para la población chilena. El dimorfismo sexual expresado en la estatura de población chilena ya había sido señalado por Valenzuela C. y Valenzuela C. y cols. [24, 28] y reafirmado por las investigaciones de Burrows R. y cols. y Abarca V. [4, 13], por lo que es necesario establecer modelos de regresión específicos para cada sexo. Asimismo, el comportamiento diferencial de la estatura de acuerdo al sexo, se refleja en el porcentaje de variación que explica el modelo ajustado para cada sexo. El modelo de regresión propuesto para hombres solo explica el 70% de la variación de la estatura observada, mientras que en las mujeres explica el 80%. Al respecto es importante recordar que se ha postulado una mayor ecosensibilidad masculina respondiendo de forma positiva a los cambios ambientales favorables, expresándose en la estatura [13] y el proceso de miscegenación particular que origina la población chilena donde los hombres tendrían un acervo genético más europeo y las mujeres, más indígena [24, 28].

Utilidad de un modelo predictivo para estimar la estatura en población chilena

La fórmula aquí desarrollada es útil en contextos forenses, para la identificación de un individuo, pero también en contextos de salud pública, para estimar por ejemplo, la pérdida de estatura total que ha sufrido un individuo respecto de la que debería poseer a partir del largo de su fémur. Además, constituye una contribución para la actualización de los parámetros de estimación de estatura en una población que atraviesa un cambio secular pondo-estatural significativo desde hace varias décadas.

De acuerdo a lo anterior, investigaciones recientes demuestran que cambios importantes en el estilo de vida de la sociedad chilena han aparejado el aumento significativo de la prevalencia de obesidad, cáncer y enfermedades cardiovasculares [29, 30]. Asimismo, se observa un aumento del tiempo de pubertad en ambos sexos [4], todos

factores que inciden en el registro esquelético, como por ejemplo, en el aumento significativo del largo del fémur [13].

De este modo, la muestra seleccionada para desarrollar las ecuaciones de regresión tuvo por objetivo constituir una muestra **descriptiva** y no referencial de la población chilena, esto debido a que, como ya se mencionó, las condiciones actuales de vida favorecen la expresión de todo el potencial respecto a estatura en los individuos [4, 13]. También debe considerarse que con el objeto de identificar, propio de la antropología forense, se buscan referentes descriptivos y no ideales dentro de una población.

Por otra parte, el cambio en las condiciones de vida actuales de la población chilena, también conllevan un aumento de las expectativas de vida y envejecimiento de la población. En ese contexto es necesario contar con indicadores antropométricos propios para este segmento etario, entre ellos destaca la necesidad de contar con métodos apropiados para estimar la estatura en adultos mayores debido a las dificultades asociadas al decrecimiento propio del envejecimiento y fenómenos aparejados como desgaste osteoarticular y otras patologías. Igualmente, acceder a la estatura permite trabajar con indicadores como el IMC en 3ra edad. En esa línea, se han desarrollado una serie de ecuaciones predictivas para población chilena [31, 32].

Sin embargo, los futuros adultos mayores también reflejarán en su fenotipo el proceso de cambio secular actual, justificando la necesidad y pertinencia del modelo aquí propuesto en el campo de salud pública. En otras palabras, la aplicación de esta ecuación permitirá estimar cuánto han perdido en estatura individuos de la 3ra edad, a partir de la relación con el largo femoral. Al contar con estas fórmulas, podremos acceder, a través de la medida de un largo óseo bien conservado, a la estatura referencial para un sujeto de tercera edad en un futuro a mediano largo-plazo.

Finalmente, cabe destacar la necesidad de actualizar permanentemente los estándares antropométricos para la población chilena, debido al continuo proceso de cambio secular que tiene implicancias ya conocidas a nivel de salud pública [30] y también a nivel de identificación forense [15, 25]. Recalcando que las imágenes DEXA poseen un potencial poco explorado para acceder a este tipo de fenómenos [14, 15].

8. BIBLIOGRAFÍA

1. De Mendonca, M.C., *Estimation of height from the length of long bones in a Portuguese adult population*. Am J Phys Anthropol, 2000. **112**(1): p. 39-48.
2. Costa, M.A., W. Alves Neves, and M. Hubbe, *Influencia de Tiwanaku en la calidad de vida biológica de la población prehistórica de San Pedro de Atacama*. Estudios atacameños, 2004(27): p. 103-116.
3. Larsen, C.S., *Bioarchaeology: interpreting behavior from the human skeleton*. Vol. 21. 1999: Cambridge University Press.
4. Burrows, R. et al., *Tendencia del desarrollo puberal en escolares de la Región Metropolitana de Chile: Menor edad de presentación, mayor duración y dimorfismo sexual en la estatura*. Revista médica de Chile, 2010. **138**(1): p. 61-67.
5. Trotter, M. and G.C. Gleser, *A re-evaluation of estimation of stature based on measurements of stature taken during life and of long bones after death*. Am J Phys Anthropol, 1958. **16**(1): p. 79-123.
6. Genoves, S., *Proportionality of the long bones and their relation to stature among Mesoamericans*. Am J Phys Anthropol, 1967. **26**(1): p. 67-77.
7. Trotter, M. and G.C. Gleser, *Estimation of stature from long bones of American Whites and Negroes*. Am J Phys Anthropol, 1952. **10**(4): p. 463-514.
8. Abrahamyan, D.O., A. Gazarian, and P.M. Braillon, *Estimation of stature and length of limb segments in children and adolescents from whole-body dual-energy X-ray absorptiometry scans*. Pediatr Radiol, 2008. **38**(3): p. 311-5.
9. Spradley, M.K., et al., *Demographic change and forensic identification: problems in metric identification of Hispanic skeletons*. J Forensic Sci, 2008. **53**(1): p. 21-8.

10. Angel, A. and H.B. Cisneros, *Technical note: modification of regression equations used to estimate stature in Mesoamerican skeletal remains*. Am J Phys Anthropol, 2004. **125**(3): p. 264-5.
11. Ross, A.H. and M.J. Manneschi, *New identification criteria for the Chilean population: Estimation of sex and stature*. Forensic Sci Int, 2011. **204**(1-3): p. 206 e1-3.
12. Ross, A.H. and M.J. Manneschi, *Corrigendum to "New identification criteria for the Chilean population: Estimation of sex and stature"[Forensic Sci. Int. 204 (2011) 206. e1–206. e3]*. Forensic Sci Int, 2012. **223**(1): p. 376-376.
13. Abarca, V.A., *Efectos de la nutrición sobre el Dimorfismo Sexual expresado en la Estatura (SSD) de una muestra de población Chilena Subactual.*, in *Departamento de Antropología 2011*, Universidad de Chile: Facultad de Ciencias Sociales. p. 107.
14. Chinappen-Horsley, U., et al., *A method for determining skeletal lengths from DXA images*. BMC Musculoskelet Disord, 2007. **8**: p. 113.
15. Hasegawa, I., et al., *Stature estimation formulae from radiographically determined limb bone length in a modern Japanese population*. Leg Med (Tokyo), 2009. **11**(6): p. 260-6.
16. Consultation, W., *Obesity: preventing and managing the global epidemic*. World Health Organization technical report series, 2000(894).
17. WHO, *Assessment of fracture risk and its application to screening for postmenopausal osteoporosis 1994*: World Health Organization.
18. BMI, O.C., *Clinical guidelines on the identification, evaluation, and treatment of overweight and obesity in adults*. 1998.
19. Ministerio de Salud, C.-P., *Encuesta Nacional de Salud*, 2010: www.minsal.cl.

20. Chile, M.d.S.d., *Encuesta Nacional de Salud*, 2004: www.minsal.cl.
21. Blanco, E., et al., *Low bone mineral density in a cohort of normal, overweight and obese Chilean adolescents*. *J Clin Nurs*, 2011. **20**(23-24): p. 3577-9.
22. Lohman, T.G., A.F. Roche, and R. Martorell, *Anthropometric standardization reference manual*. Vol. 55. 1988: Human Kinetics Books Champaign.
23. Valenzuela, C.Y., [*Assessment of height as an indicator of population nutritional status*]. *Rev Med Chil*, 1997. **125**(5): p. 595-604.
24. Valenzuela, C.Y., [*Pondostatural sex dimorphism in a Chilean population. Genes for growth in sex chromosomes? (AUTHOR'S TRANSL)*]. *Rev Med Chil*, 1975. **103**(5): p. 322-6.
25. Klepinger, L.L., *Stature, maturation variation and secular trends in forensic anthropology*. *J Forensic Sci*, 2001. **46**(4): p. 788-90.
26. El-Najjar, M.Y. and K.R. McWilliams, *Forensic anthropology: the structure, morphology, and variation of human bone and dentition*. 1978.
27. Valenzuela, C.Y., M.P. Acuna, and Z. Harb, [*Sociogenetic gradient in the Chilean population*]. *Rev Med Chil*, 1987. **115**(4): p. 295-9.
28. Valenzuela, C.Y., F. Rothhammer, and R. Chakraborty, *Sex dimorphism in adult stature in four Chilean populations*. *Ann Hum Biol*, 1978. **5**(6): p. 533-8.
29. Muzzo, S., et al., *Trends in nutritional status and stature among school-age children in Chile*. *Nutrition*, 2004. **20**(10): p. 867-72.
30. Vio, F., C. Albala, and J. Kain, *Nutrition transition in Chile revisited: mid-term evaluation of obesity goals for the period 2000-2010*. *Public Health Nutr*, 2008. **11**(4): p. 405-12.

31. Arroyo, P., et al., [*Anthropometry, body composition and functional limitations in the elderly*]. *Rev Med Chil*, 2007. **135**(7): p. 846-54.
32. Lera, L., et al., *Predictive equations for stature in the elderly: a study in three Latin American cities*. *Ann Hum Biol*, 2005. **32**(6): p. 773-81.

9. AGRADECIMIENTOS Y FINANCIAMIENTO.

Proyecto financiado por el proyecto NIH/NHLBI-grant-RO1HL088530, Proyecto conjunto INTA (Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos, Universidad de Chile), Universidad de Michigan y Universidad de California, San Diego.

En particular se agradecen la colaboración y observaciones de: Dra. Raquel Burrows, Dr. Daniel Bunout, Dra. Gladys Barrera, Dra. Cecilia Albala, Prof. Eugenio Aspillaga, Rosita Rivera y María José Herrera.

Agradezco a mis padres por su apoyo incondicional.

10. LEYENDA DE FIGURAS Y TABLAS.

Figura 1. Imagen obtenida a partir del modelo Lunar DPX-LIQ; Lunar Corp., Madison, WI, USA perteneciente al CED-INTA, Universidad de Chile.

Figura 2. Muestra utilizada en esta investigación.

Tabla 1. Estadísticas descriptivas de la muestra utilizada para desarrollar la ecuación predictiva.

Grafico 1. En el gráfico es posible observar la distribución del largo máximo del fémur (eje Y) entre hombres (1) y Mujeres (2).

Gráfico 2. En el gráfico es posible observar la distribución de la Talla (eje Y) entre hombres (1) y Mujeres (2).

Tabla 2. Comparación mediante T-test de las mediciones del largo óseo mediante osteómetro respecto del largo óseo medido con el método LPC.

Figura 3. Aplicación de examen DEXA sobre unidades óseas provenientes de la Colección Osteológica Cementerio General (Departamento de Antropología, Universidad de Chile).

Figura 4. Imagen DEXA obtenida, lista para ser medida con LPC.

Tabla 3. T-test efectuado entre las variables Estatura real y Estatura estimada mediante LPC.

Gráfico 3. La recta ejemplifica la relación entre la talla del individuo y el largo del fémur, para sujetos femeninos.

Gráfico 4. La recta ejemplifica la relación entre la talla del individuo y el largo del fémur, para sujetos masculinos.

Tabla 4. Ecuaciones de predicción de la estatura para población chilena actual. Resumen de las regresiones efectuadas y modelos propuestos. Los valores están indicados en centímetros. Abreviaciones: Corr., factor de corrección por imagen DEXA. R, coeficiente de correlación. SE, error estándar. R², coeficiente de correlación al cuadrado, respectivamente.

Tabla 5. Descripción de la muestra utilizada para comparar y validar la ecuación.

Tabla 6. Resultados de la comparación de datos pareados, Suma de Rangos de Wilcoxon.

Gráfico 5. Comparación de la estatura estimada mediante los distintos métodos respecto de la estatura real de los individuos. Individuos Masculinos. Destacadas las medianas para cada estimación.

Gráfico 6. Comparación de la estatura estimada mediante los distintos métodos respecto de la estatura real de los individuos. Individuos Femeninos. Destacadas las medianas para cada estimación.

11. Figuras y Tablas

Figura 1.

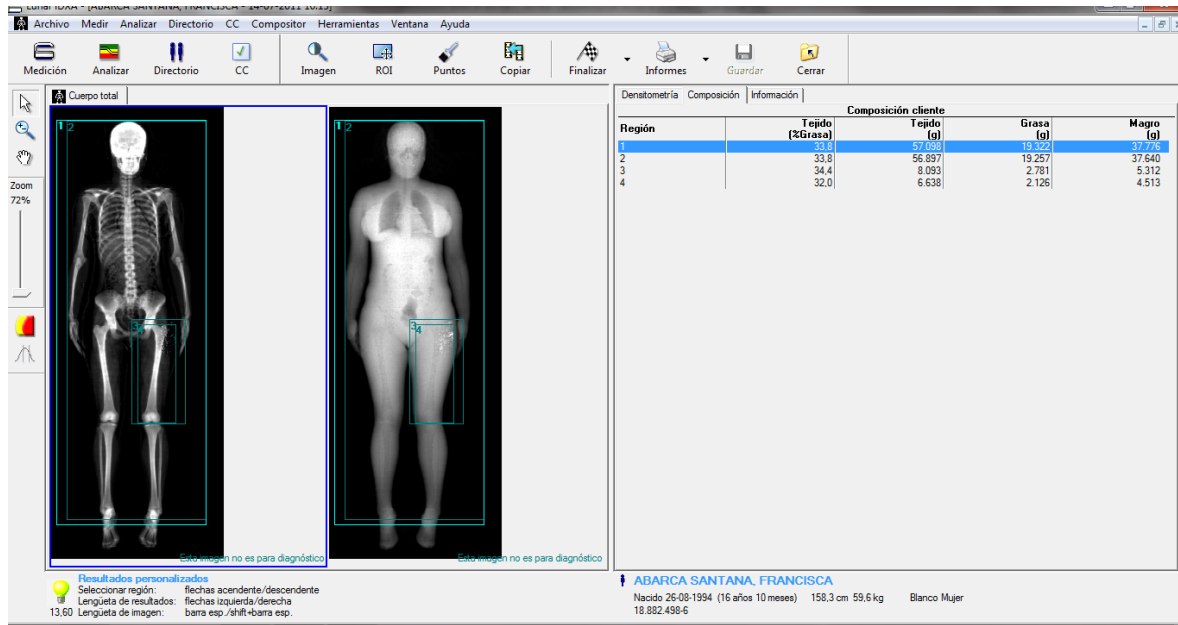


Figura 2.

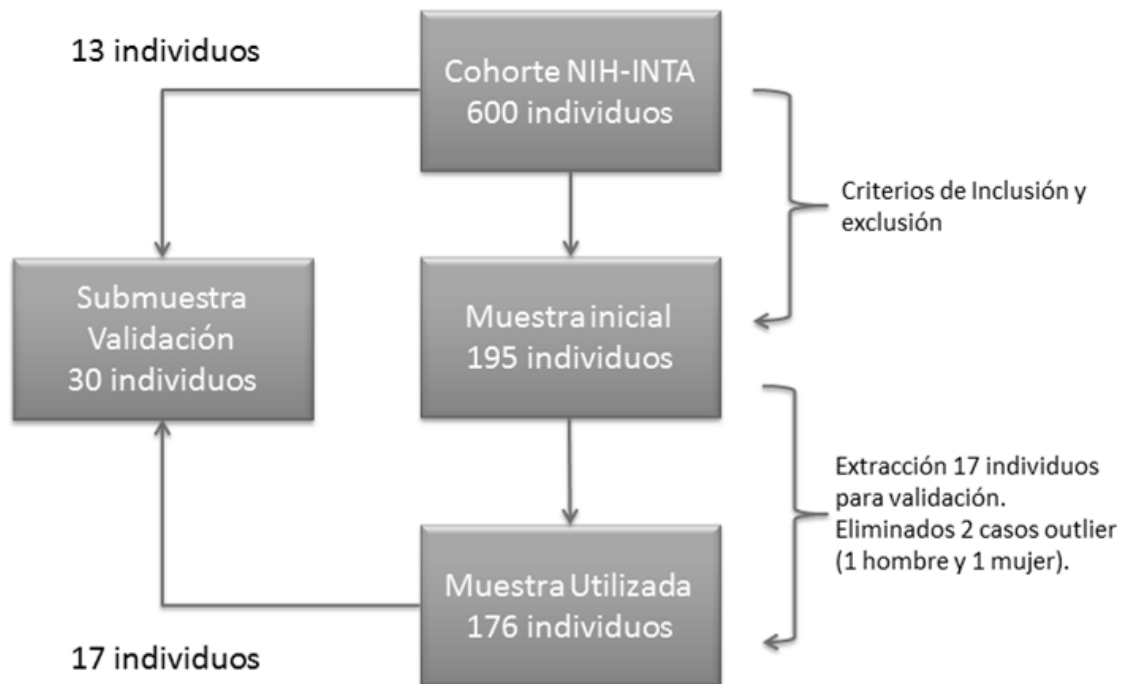


Tabla 1.

	Hombres (95)				Mujeres (81)			
	Min	Max	Media	Desv. Est.	Min	Max	Media	Desv. Est.
Edad (años)	16,64	17,66	16,9	0,20	16,66	18,12	16,93	0,25
Peso (kg)	48,7	86,96	65,12	8,56	40,9	81,7	58,13	8,59
Talla (cm)	159,55	187,5	171,18	5,92	147,4	177,9	160,64	5,39
IMC (kg/m²)	16,9	28,6	22,21	2,66	17	29,2	22,56	2,88
DMO (g/cm²)	0,93	1,3	1,2	0,08	0,85	1,26	1,11	0,08
Largo Máximo del Fémur (cm)	41,34	51,41	45,99	2,14	38,31	47,89	43,19	2,01

Gráfico 1.

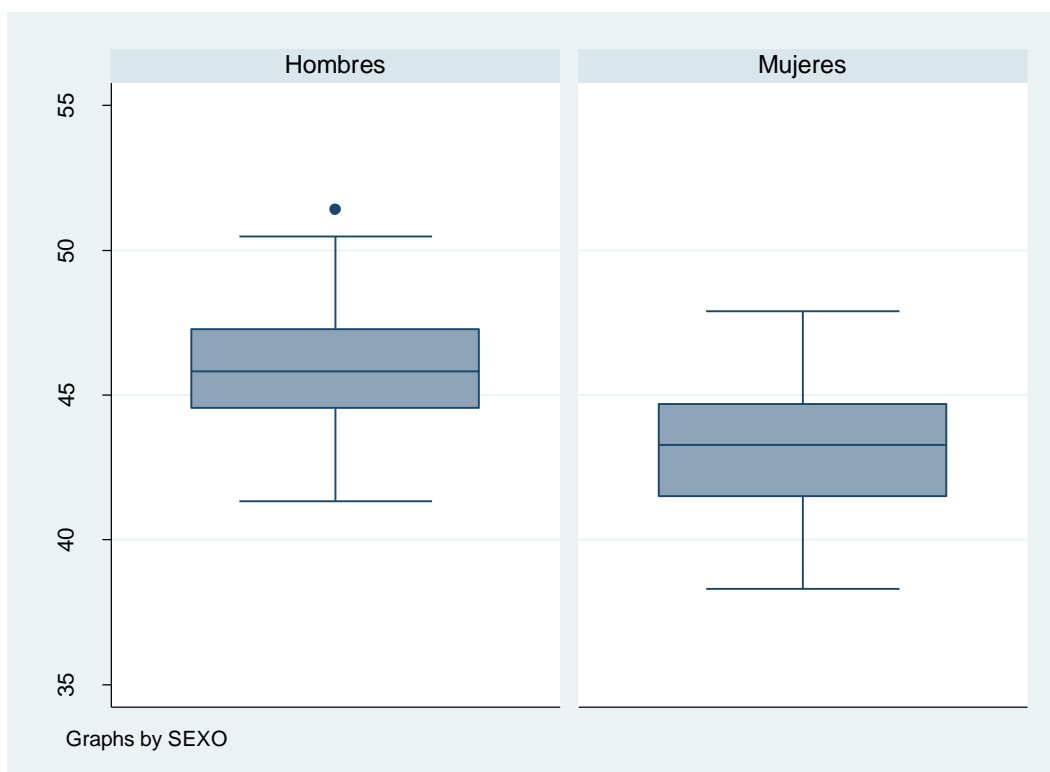


Gráfico 2.

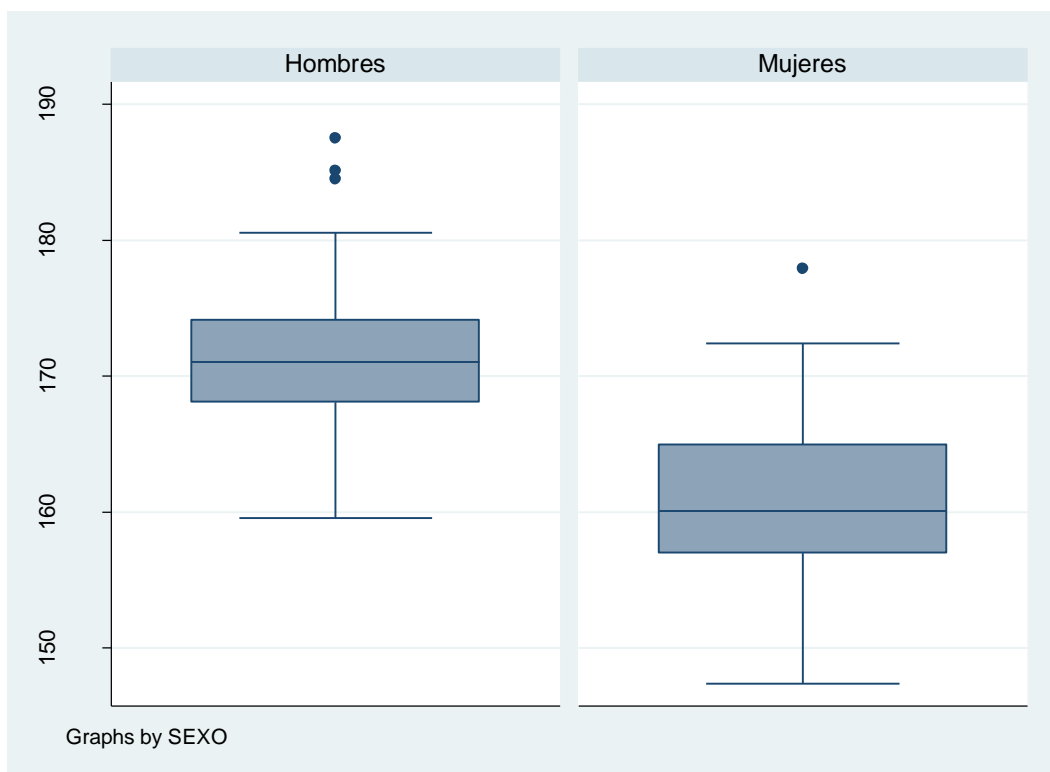


Tabla 2.

Variables	Sexo	Obs	Media	Err. Est.	Desv. Est.	Intervalo Confianza	p-value
LPC vs Osteómetro	Ambos	30	0,23	0,17	0,95	-0,11- 0,59	0,18

Figura 3.



Figura 4.

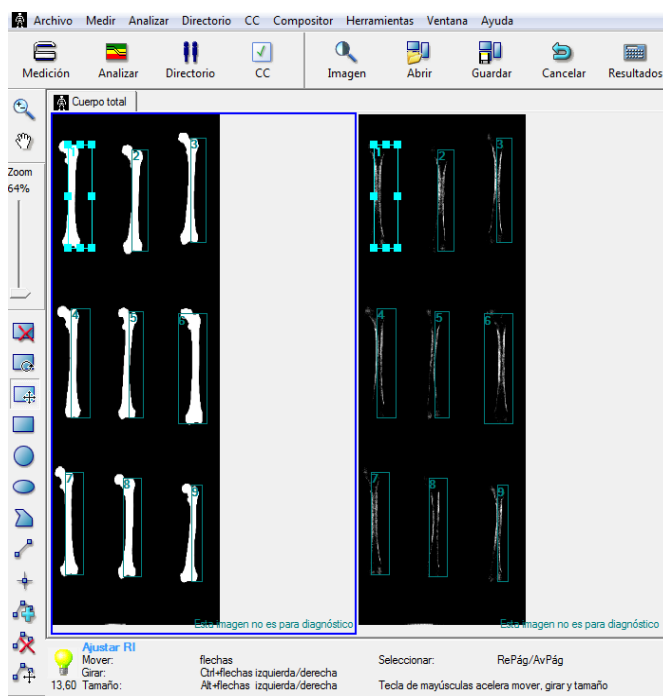


Tabla 3.

Variables	Sexo	Obs	Media	Err. Est.	Desv. Est.	Int. de Conf.	P-value
Estatura Real vs Estatura LPC	Ambos	177	1,34	0,08	1,10	1,17- 1,50	0,00
Estatura Real vs Estatura LPC	Hombres	96	1,67	0,08	0,87	1,49- 1,84	0,00
Estatura Real vs Estatura LPC	Mujeres	81	0,95	0,13	1,23	0,68- 0,22	0,00

Gráfico 3.

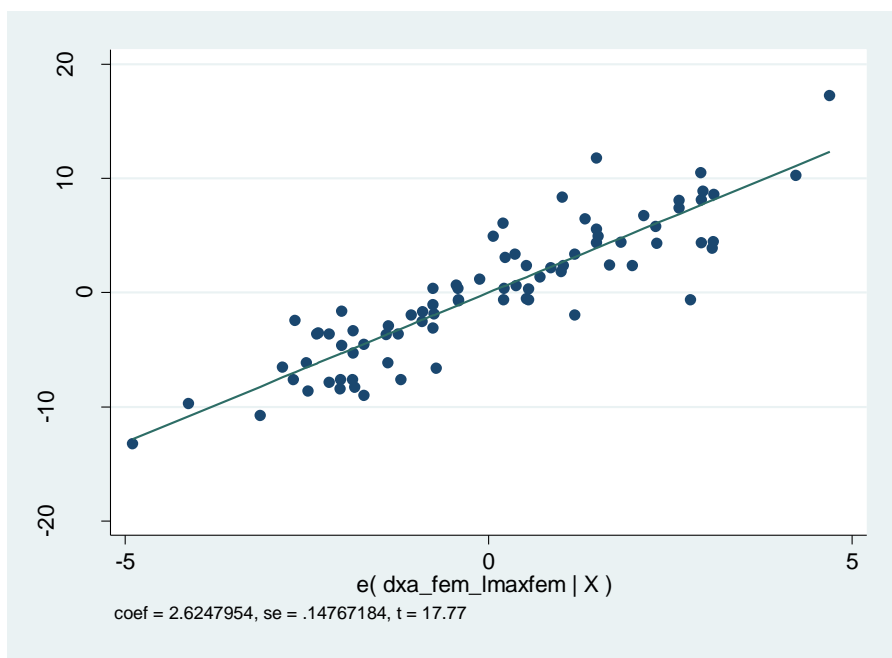


Gráfico 4.

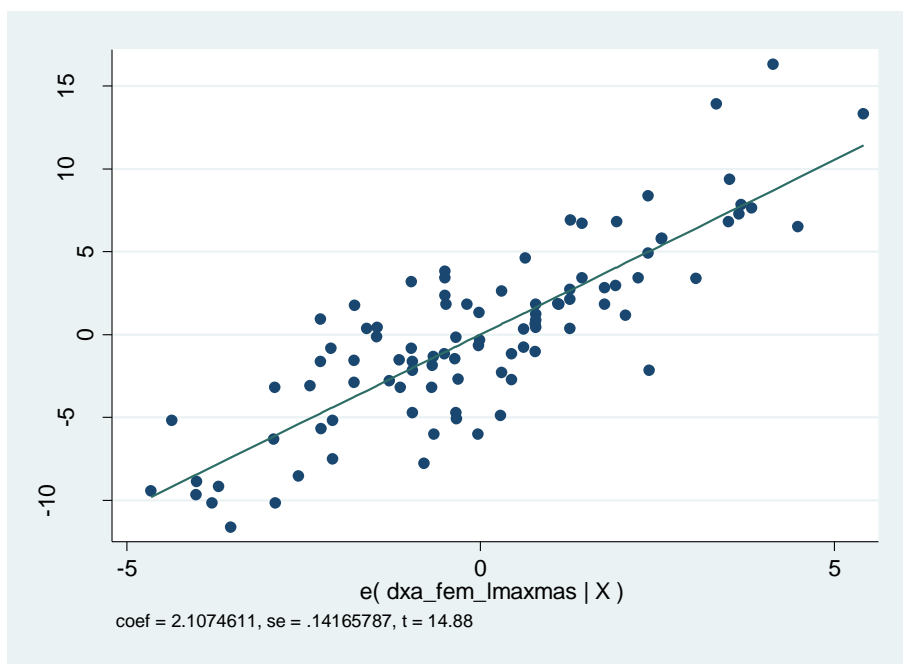


Tabla 4.

Sexo	Ecuación	SE	R	R2	p-value
Mujeres	Estatura= 47,2+2,62 * (Largo máx. fémur cm)	0,14	0,89	0,8	0,00
Hombres	Estatura=74,25+2,10 * (Largo máx. fémur cm)	0,14	0,83	0,7	0,00

Tabla 5.

	Hombres (18 individuos)				Mujeres (12 individuos)			
	Min	Max	Media	Desv. Est.	Min	Max	Media	Desv. Est.
Edad (años)	16,68	17,27	16,87	0,17	16,72	17,75	17,09	0,38
Peso (kg)	52,2	90,2	69,98	13,14	40,75	75	58,47	10,00
Talla (cm)	164,45	185,1	174,06	5,42	148,35	170,8	160,11	8,06
IMC (kg/m²)	17,4	28,1	23,10	3,86	16,64	28,5	22,78	3,50
DMO (g/cm²)	1,07	1,3	1,19	0,080	0,91	1,24	1,07	0,104
Largo Máximo del Fémur (cm)	43,75	51,44	47,07	2,13	38,3	46,3	42,88	2,68

Tabla 6.

Variables	Sexo	Obs	Z	p-value
Estatura Real vs Trotter y Gleser mexicanos (1958)	Hombres	18	-0,84	0,3
	Mujeres	12	2,7	0,00
Estatura Real vs Trotter M. y Gleser G. Mongoloides (1958)	Hombres	18	-0,4	0,64
	Mujeres	12	2,9	0,00
Estatura Real vs Genovés(1967)	Hombres	18	-2,41	0,01
	Mujeres	12	2,7	0,00
Estatura Real vs Del Ángel y Cisneros (2004)	Hombres	18	-3,5	0,00
	Mujeres	12	1,17	0,23
Estatura Real vs Ross y Manneschi (2011 y 2012)	Hombres	18	-1,3	0,18
	Mujeres	12	-3,05	0,00
Estatura Real vs Abarca y cols.(2013)	Hombres	18	-1,2	0,21
	Mujeres	12	-0,2	0,81

Gráfico 5.

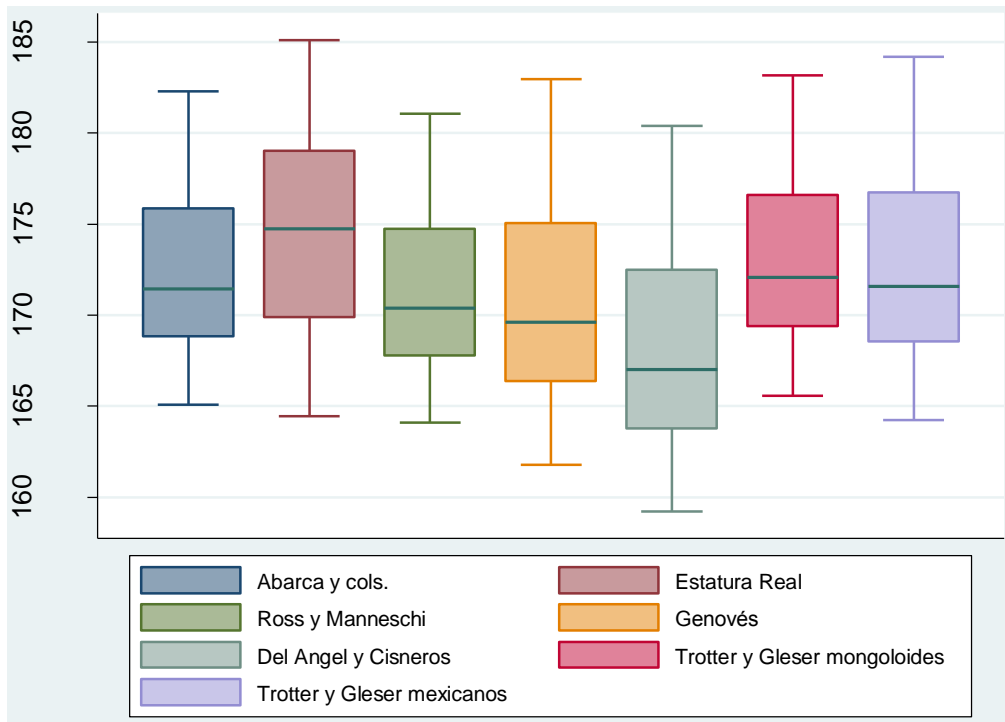


Gráfico 6.

