



Población y Salud en Mesoamérica

Revista electrónica publicada por el
Centro Centroamericano de Población,
Universidad de Costa Rica, 2060 San José, Costa Rica
<http://ccp.ucr.ac.cr>

Población y Salud en Mesoamérica

Revista electrónica semestral, ISSN-1659-0201

Volumen 12, número 1, artículo 5

Julio -diciembre, 2014

Publicado 1 de julio, 2014

<http://ccp.ucr.ac.cr/revista/>

Ecuaciones de predicción de la talla a partir de la altura de la rodilla de los adultos mayores de Costa Rica

Pamela Jiménez-Fontana, Abner Chaves-Corea



Protegido bajo licencia Creative Commons
Centro Centroamericano de Población

Ecuaciones de predicción de la talla a partir de la altura de la rodilla de los adultos mayores de Costa Rica

Stature prediction equations from the knee height for elderly in Costa Rica

Pamela Jiménez-Fontana¹, Abner Chaves-Corea²

RESUMEN

La talla es un parámetro antropométrico que permite evaluar el estado de salud de los adultos mayores, ya que nos permite determinar el índice de masa corporal y, con este, los niveles de obesidad, el grado de desnutrición proteico calórica, y otros factores de riesgo. Sin embargo, en adultos mayores con dificultad de movimiento, enfermedades avanzadas, o cambios en la curvatura normal de la columna vertebral, es complicado realizar una correcta medición de la talla. Cuando no se puede realizar una correcta medición de la talla, se pueden utilizar modelos de regresión lineal utilizando otras variables antropométricas para estimar la talla. Por ende, el objetivo de este estudio es definir ecuaciones de predicción de la talla a partir de la altura de la rodilla y la edad para los adultos mayores de Costa Rica por sexo. El estudio utilizó los datos de la encuesta longitudinal CRELES, muestra representativa de los adultos mayores de Costa Rica. Los coeficientes de predicción estimados a partir de CRELES se compararon con los coeficientes de predicción estimados por los modelos (externos) de Chumlea, Roche, y Steinbaugh (1985) y Palloni y Guend (2005). Los coeficientes de predicción estimados con base a CRELES son, en su mayoría, significativamente diferentes a los coeficientes de los modelos externos; además, los coeficientes de predicción estimados con la muestra CRELES producen residuos y errores puros menores que los modelos externos. Se recomienda utilizar las nuevas ecuaciones de predicción planteadas en este estudio para estimar la talla de adultos mayores costarricenses con problemas fisiológicos y de movilidad.

Palabras clave: talla, ecuaciones de predicción de la talla, altura de la rodilla, antropometría

ABSTRACT

The stature is an anthropometric parameter that allows the assessment of the physical health status of the elderly, estimate the obesity levels, the degree of protein energy malnutrition, and other risk factors. However, in patients with mobility problems or advanced diseases is complicated to make an accurate measurement of the stature. When there are difficulties to measure the stature, a linear regression model can be used with other anthropometric variables to estimate the stature. The goal of this study is to define stature prediction equations from the knee height and the age for the elderly of Costa Rica by sex. The study used data from the longitudinal survey CRELES, representative sample of the elderly of Costa Rica. The prediction coefficients estimated with CRELES were compared with the prediction coefficients estimated by the (external) models of Chumlea, Roche, y Steinbaugh (1985) and Palloni y Guend (2005). Most of the prediction coefficients estimated with CRELES are significantly different from the coefficients of the external models; also, the prediction coefficients of CRELES generate smaller residuals and pure errors than the external models. We recommend using the new prediction equations established in this study to estimate the stature of elderly of Costa Rica with physiological and mobility problems.

Keywords: stature, stature prediction equations, knee height, anthropometry

Fecha de recibido: 17 diciembre del 2013

Fecha de aprobado: 17 marzo del 2014

Fecha de corregido: 7 abril del 2014

¹ Universidad de Costa Rica. Centro Centroamericano de Población. COSTA RICA. pjimenez@ccp.ucr.ac.cr

² Investigador independiente. COSTA RICA. achavco@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

La antropometría se utiliza como herramienta principal para la valoración de pacientes, especialmente el estado nutricional del adulto mayor (Ortiz, Méndez, Varela, y Pamo, 2007). La talla de los adultos mayores es un importante parámetro antropométrico especialmente en edades avanzadas; este procedimiento es fácil de estimar, económico y no es invasivo en comparación con otros métodos más sofisticados (Palloni y Guend, 2005; Berdasco, 2002; Sánchez, Duque, Juárez, Cortés, y Reyes, 2007). Cabe resaltar que la talla es la base de muchas terapias, sirve para la medición de la Tasa Metabólica Basal y la prescripción de medicamentos; además, para la estimación de energía, evitando una sobre ingesta o sub ingesta de fármacos y nutrientes. No obstante, en muchos casos esta variable antropométrica se vuelve imposibles de medir según el grado patológico o de inmovilización de los adultos mayores (Berger, Cayeux, Schaller, Soguel, Piazza, y Chioléro, 2008).

La talla de los adultos mayores es importante para realizar un análisis general de su estado de salud físico (Cáceres-Rodas, 2004), por lo que mejores estimaciones permiten obtener un panorama más claro sobre el estado de salud del adulto mayor. De acuerdo a Peña y Bacallao (2001), América Latina ha sufrido de un importante incremento en las enfermedades crónicas asociadas con estilos de vida no saludables. Estas enfermedades representan un alto costo en el corto y largo plazo para los servicios de salud en materia de tratamiento y rehabilitación de los pacientes. La mayoría de los estudios de salud utilizan el Índice de Masa Corporal para determinar los niveles de obesidad o desnutrición de los pacientes y así realizar recomendaciones en términos de políticas públicas. El Índice de Masa Corporal (IMC) se calcula como el peso en kilogramos dividido por la talla en metros al cuadrado, este es un método sencillo y de bajo costo que da indicios sobre los niveles de obesidad o desnutrición (Deurenberg, Weststrate, y Seidell, 1991). La talla es esencial para determinar los niveles de obesidad y permite estimar otros factores de riesgo, tales como el deterioro en la arquitectura ósea, grado de desnutrición proteico calórica, cardiovasculares, entre otros. Al realizar un diagnóstico de obesidad e iniciar un tratamiento se reduce el riesgo de complicaciones de otras enfermedades crónicas (Peña y Bacallao, 2001).

De acuerdo con Alemán, Esparza y Valencia (1999), los cambios antropométricos se vuelven más relevantes con el envejecimiento y el desarrollo de factores de riesgo de enfermedades crónico degenerativas al impactar el estado nutricional y la capacidad funcional del paciente. El envejecimiento se puede definir desde múltiples dimensiones según la edad, la capacidad física, la conducta, o la interacción de la persona con la sociedad (Alcaraz, Fong, Álvarez, y Pérez, 2001). Entre los cambios más relevantes que ocurren en el envejecimiento podemos encontrar la depresión, la disminución de la actividad física, el deterioro sensorial, discapacidades, enfermedades como la osteoporosis, disminución de la capacidad funcional articular, y pérdida de masa muscular (Brown, 2006; Mataix y Rivero, 2007; Restrepo, Morales, Cecilia, López y Varela, 2006; Arroyo *et al.*, 2007). Las condiciones mencionadas pueden llegar a dificultar la toma de medidas antropométricas como la talla, debido a la disminución de la capacidad para colocarse de pie (Díaz, Tamez, y Gutiérrez, 2011). Mataix y Rivero, (2007), hacen referencia a la disminución de la estatura como uno de los cambios fisiológicos más importantes en la etapa del envejecimiento, el cual llega a ser atribuible al aplastamiento de los discos vertebrales, adelgazamiento de las vértebras y la dificultad para mantener una postura erecta. A pesar de que durante el envejecimiento ocurre una disminución de la estatura, el resto de los huesos del cuerpo

tienden a mantenerse constante; por ejemplo, la altura de la rodilla cambia poco con el aumento de la edad (Berral y Águila, 2002). Por lo anterior, la talla puede ser estimada a partir de la media brazada, la brazada o de la altura de rodilla (Chumlea, Guo, Wholihan, Cockram, Kuczmariski, y Johnson, 1998; Fernández, Martínez, García, Díaz, y Xiqués, 2005).

Por su parte, Guzmán, Reinozan, y Hernández (2005) mencionan que la altura de la rodilla puede ser un buen estimador de la talla siempre y cuando esta medida se tome utilizando los criterios establecidos. Se define como altura de rodilla a la distancia entre la planta del pie hasta la cara anterior del muslo, con rodilla doblada en un ángulo de 90 grados. Esta técnica se realiza usualmente con un caliper de rodilla, en donde la base del instrumento es colocada por debajo del talón y la otra por encima de la pantorrilla arriba de los cóndilos de las rodillas, este debe estar paralelo a la tibia y se debe aplicar una presión sobre el tejido (Chumlea, Roche, y Steinbaugh, 1985; Berral y Águila, 2002; Borba, Coelho, Corrêa, y González, 2008).

Mientras tanto, Chumlea, Roche, y Steinbaugh (1985) realizaron un estudio experimental utilizando una muestra no representativa de los Estados Unidos para determinar la correlación entre la talla y la altura de la rodilla, estableciendo como variables predictoras la altura de la rodilla y la edad. Años más tarde, Chumlea *et al.*, (1998) establecen nuevas ecuaciones de predicción de la talla utilizando una muestra representativa de los Estados Unidos, con ecuaciones por etnia y sexo. Posteriormente, se expandió esta metodología para otras etnias y nacionalidades (Bermudez, Becker, y Tucker, 1999). Palloni y Guend (2005) basados en Chumlea *et al.*, (1998) establecieron diferentes ecuaciones de predicción de la talla por etnia utilizando la encuesta SABE (Salud y Bienestar en el Adulto Mayor) que entrevista a adultos mayores de Latinoamérica (con excepción de Costa Rica). Esta técnica de predicción de la talla puede ser utilizada para determinar la estatura de una persona con problemas de movilidad o con curvaturas pronunciadas en la columna vertebral, dado que no implica que la persona se encuentre totalmente erguida.

Existen estudios que han estimado coeficientes de predicción de la talla a partir de la altura de rodilla por medio de regresión lineal para diferentes etnias y nacionalidades (Chumlea, Guo, y Steinbaugh, M. 1994; Palloni y Guend, 2005). No obstante, dichos coeficientes de predicción no se han estimado con base en la población costarricense, por lo que no existen coeficientes que se adapten a las características propias del país. El objetivo de la presente investigación es calcular las ecuaciones de predicción de la talla utilizando como variables independientes la altura de la rodilla y la edad basadas en una muestra representativa de los adultos mayores de Costa Rica. Actualmente, en Costa Rica se utilizan los coeficientes estimados por Chumlea, Roche, y Steinbaugh (1985).

2. MÉTODOS Y DATOS

El proyecto CRELES “Costa Rica: Estudio de Longevidad y Envejecimiento Saludable” es un conjunto de encuestas longitudinales sobre la salud y estilos de vida de los adultos mayores en Costa Rica. El principal objetivo del estudio es analizar el envejecimiento y calidad de vida de los adultos mayores. CRELES es la primera encuesta longitudinal representativa a nivel nacional que investiga la salud de los adultos mayores en Costa Rica. El trabajo de campo se realizó entre noviembre del 2004 y setiembre del 2006. El estudio estuvo dirigido por el Centro Centroamericano de Población (CCP) en colaboración con el Instituto de Investigaciones en

Salud (INISA) y la Universidad de California, Berkeley. Los detalles metodológicos de la recolección de datos se encuentran en Rosero-Bixby, Dow, y Fernández (2013).

El estudio incluyó mediciones antropométricas de los adultos mayores, tales como el peso, la talla, la altura de la rodilla, la circunferencia abdominal, entre otros. Para la medición de la talla se utilizaron estadiómetros. A los adultos mayores con deformaciones en la espina dorsal no se les midió la talla. La altura de la rodilla se midió utilizando la pierna derecha del adulto mayor siempre y cuando no existieran lesiones en esta parte del cuerpo; para la medición se utilizó un cartabón para corroborar el ángulo de 90 grados en la pierna, y luego la altura de la rodilla se midió con un estadiómetro (Rosero-Bixby, Dow, y Fernández, 2013).

Como se explicó en la sección anterior, la talla se puede aproximar utilizando la altura de la rodilla y la edad del adulto mayor. Por lo tanto, si se cuentan con medidas de la talla, altura de la rodilla, y edad para una muestra representativa de una población determinada se puede estimar el Modelo 1 para obtener estimaciones de los coeficientes α_0 , α_1 , y α_2 . En consecuencia, una vez estimados estos coeficientes se utiliza la edad y altura de la rodilla de un adulto mayor con problemas de movilidad para predecir su talla, utilizando los coeficientes estimados del Modelo 1.

$$\text{Modelo 1: Talla} = \alpha_0 + \alpha_1 \text{Edad} + \alpha_2 \text{AlturaRodilla} + \text{error} \quad (1)$$

Tal y como se mencionó al inicio del artículo, los valores estimados de los coeficientes han sido calculados por diferentes autores utilizando diferentes poblaciones. Para cumplir con el objetivo del artículo, se realiza un análisis comparativo entre los diferentes valores estimados de los coeficientes por los estudios mencionados en la parte introductoria, todos basados en el Modelo 1.

Se determinó como el Modelo 1a, el modelo que utiliza los coeficientes de predicción establecidos por Chumlea, Roche, y Steinbaugh (1985), el cual está basado en una muestra³ no representativa de adultos mayores de los Estados Unidos. El Modelo 1b utiliza los coeficientes de predicción estimados por Palloni y Guend (2005) para mexicanos^{4,5}. El Modelo 1c utiliza los coeficientes de predicción para mestizos⁶ definidos en Palloni y Guend (2005). Los modelos 1a, 1b, y 1c, se les denominó como “modelos externos” dado que utilizan coeficientes de predicción basados en poblaciones ajenas a la costarricense.

En la presente investigación se estimaron nuevos coeficientes de predicción a partir de un modelo interno, que consiste en ecuaciones de predicción de la talla por sexo basadas en el Modelo 1, estimadas a partir de la encuesta CRELES. El Modelo interno o Modelo 2 estima la regresión lineal del Modelo 1 utilizando los datos de CRELES, obteniendo nuevos coeficientes de predicción.

³Tamaño de la muestra: $n_{\text{hombres}} = 160$ y $n_{\text{mujeres}} = 130$

⁴El estudio de Palloni y Guend (2005) estableció como mexicanos a todas las personas que vivían en México en el momento del estudio, except aquellos que se auto-reportaron como mestizos. Para mayor información, consultar Palloni y Guend (2005).

⁵Tamaño de la muestra: $n_{\text{hombres}} = 414$ y $n_{\text{mujeres}} = 629$

⁶Tamaño de la muestra: $n_{\text{hombres}} = 170$ y $n_{\text{mujeres}} = 319$

La encuesta CRELES cuenta con mediciones de la talla y altura de la rodilla para la mayoría de los entrevistados; sin embargo, una preocupación en los estudios que utilizan medidas antropométricas, es el error humano en la medición durante el trabajo de campo. Estos errores en las mediciones antropométricas se corrigieron de dos formas. Primero, para corregir o disminuir el error de medición de la altura de la rodilla, se aprovechó el diseño longitudinal de CRELES y se utilizó el promedio de la altura de la rodilla de las dos primeras rondas. Tal y como se mencionó en la sección anterior, la altura de la rodilla se mantiene relativamente constante en la adultez. Al utilizar el promedio de la altura de la rodilla, se obtiene una medición relativamente libre del error de medición. En lo que resta del artículo, cuando se menciona la altura de la rodilla se refiere al promedio de la altura de la rodilla de las dos primeras rondas.

Por otra parte, la talla varía con el tiempo, por lo que se utilizó otra metodología para corregir por el error de medición del entrevistador en la talla. En una regresión lineal, la constante (α_0) absorbe los efectos de variables o factores externos que no están siendo considerados en el modelo. Si no se realiza ninguna corrección por entrevistador en la regresión lineal, el coeficiente de la constante (α_0) absorbe el posible efecto que tenga el error por entrevistador al realizar la medición.

Por lo anterior, se utilizó la medida de la talla en la primera ronda, pero se incluyó en la regresión lineal variables categóricas por entrevistador utilizando la técnica de codificación por desviación o de *effects coding*⁷, obteniendo el coeficiente de la constante libre del efecto entrevistador, tal y como se muestra en la Ecuación 2. Los coeficientes que representan los efectos del error de medición del entrevistador ($\alpha_3, \dots, \alpha_N$ en la ecuación 2) no son relevantes para el presente estudio, dado que son innecesarias para la estimación de la talla. El único objetivo de incluir estas variables categóricas por entrevistador es eliminar el ruido del error de medición de la talla en la constante (α_0). Por ende, en los cuadros del Modelo 2 no se reportan los coeficientes relacionados con estas variables categóricas.

$$Talla = \alpha_0 + \alpha_1 Edad + \alpha_2 AlturaRodilla + \alpha_3 Entrev1 + \dots + \alpha_N EntrevN + error \quad (2)$$

El modelo interno y los modelos externos poseen diferentes coeficientes de predicción ($\alpha_0, \alpha_1, y \alpha_2$), porque utilizaron datos de la altura de la rodilla y la talla de poblaciones diferentes. Con el fin de determinar si el Modelo 2 produce coeficientes de predicción significativamente diferentes a los modelos externos, se realizaron pruebas de hipótesis. Además, se realizó un análisis de residuos para determinar cuál modelo produce los mejores estimadores de la talla. Los residuos se definieron como la diferencia entre la talla estimada por cada modelo y la talla observada en la primera ronda ($\hat{Y}_i - Y_i$). Los modelos se comparan con la media de los residuos y los intervalos de confianza, y los errores puros de cada modelo. Los errores puros son una medida del desempeño de la ecuación de predicción al aplicar los coeficientes en una muestra independiente (Guo, Chumlea, y Cockram, 1996). Entre menor sea el error puro, más precisa es la ecuación de predicción (ver ecuación 3).

⁷Codificación por desviación: -1 categoría de referencia, 0 otra, y 1 categoría de interés. Para mayor información, consultar: Introduction to SAS. UCLA: Statistical Consulting Group, en <http://www.ats.ucla.edu/stat/sas/notes2/> (accesado 5 de abril, 2014).

$$Errorpuro = \sqrt{\sum [(Y_i - \hat{Y}_i)^2] / n} \quad (3)$$

n: número de sujetos en la muestra independiente

Y_i : talla observada

\hat{Y}_i : talla estimada

Además, en el Modelo 2 se estimó la raíz del error cuadrático medio (RMSE, por sus siglas en inglés). La raíz del error cuadrático medio es una medida de precisión de la ecuación de predicción que mide las diferencias entre la talla estimada y observada (ver ecuación 4).

$$RMSE = \sqrt{\sum [(\hat{Y}_i - Y_i)^2] / (n - p - 1)} \quad (4)$$

n: número de sujetos en la muestra

p: número de variables independientes.

Finalmente, se realizó una validación interna con el fin de determinar la capacidad predictiva de los coeficientes estimados en el Modelo 2. La validación interna consistió en dividir la muestra en dos submuestras escogidas al azar, mediante la asignación de un número único y aleatorio a cada sujeto, se ordena la población según el número aleatorio, y se divide por la mitad. La primera mitad de la muestra se considera el grupo de validación y la segunda submuestra el grupo de validación cruzada. Con el grupo de validación se estima una nueva regresión y se obtienen nuevos coeficientes de predicción; estos coeficientes se utilizan para estimar la talla del grupo de validación cruzada. Luego, se comparan la talla estimada y observada en el grupo de validación cruzada, y se analizan los errores puros.

3. RESULTADOS

La muestra de la encuesta CRELES es representativa a nivel nacional y se compone de aproximadamente 3000 costarricenses nacidos antes de 1945. En el presente trabajo se utilizaron los datos de las personas con mediciones de la altura de la rodilla en las primeras dos rondas, y la medida de la talla de la primera ronda. Además, la muestra se depuró para corregir por algunas incoherencias. Se excluyeron los casos en que la razón altura de la rodilla-talla fuera menor a 0.3 o mayor o igual a 0.35 para hombres. En el caso de las mujeres, se excluyeron las personas con una razón altura de la rodilla-talla menor a 0.29 o mayor o igual a 0.34. Estos rangos fueron determinados al analizar dónde se concentraban la mayoría de casos, los casos excluidos se consideraron como errores de medición que generaban ruido a la estimación al estar fuera de la distribución. La muestra final que se utilizó fue de 2.037 personas, 936 hombres y 1101 mujeres. El Cuadro 1 presenta la distribución por grupos de edad, sexo, nivel educativo, y estado civil. Asimismo, en el Cuadro 2 se presenta información sobre la talla y altura de la rodilla de la muestra por grupos de edad.

Las ecuaciones de predicción por sexo para el Modelo 1a, 1b, 1c, y el Modelo 2 se presentan en el Cuadro 3. Los coeficientes de predicción de los modelos externos se tomaron de los artículos publicados por sus respectivos autores. El Cuadro 4 presenta los coeficientes de predicción del Modelo 2 calculados aplicando la regresión lineal de la Ecuación 1 con la encuesta CRELES.

Todos los coeficientes de predicción del Modelo 2 son significativos para ambos sexos (p -value < 0.01). En la última columna del Cuadro 4 se presenta el coeficiente de determinación (R^2) y la raíz del error cuadrático medio del Modelo 2. El R^2 explica la proporción de la variancia total de la talla que es explicada por la edad y la altura de la rodilla. En este modelo, el R^2 para hombres es de 0.72, mientras que para mujeres es de 0.68. En lo que respecta a la raíz del error cuadrático medio es baja para ambos sexos.

Las Figuras 1 y 2 muestran histogramas con las diferencias entre la talla estimada y observada para cada modelo por sexo. Las barras del histograma que se encuentran antes del cero representan el porcentaje de individuos a quienes se les subestimó la talla, mientras que las barras que se encuentran a la derecha del cero son casos en los que se sobreestimó la talla.

Se realizaron pruebas de hipótesis con el estadístico de Wald para determinar si los coeficientes del Modelo 2 son significativamente diferentes que los coeficientes de los modelos externos. El Cuadro 5 presenta los p -values para cada una de las pruebas de hipótesis. Por ejemplo, todos los coeficientes de los modelos 1a y 1c para mujeres son significativamente diferentes que los coeficientes del modelo interno. Sin embargo, con un p -value de 0.661 no existen diferencias significativas en el coeficiente de la edad entre el Modelo 1b y el Modelo 2 para mujeres, pero entre estos dos modelos los coeficientes de la constante y la altura de la rodilla si son significativamente diferentes. En el caso de los modelos para hombres, todos los coeficientes del modelo 1a y 1c son significativamente diferentes a los estimados en el modelo interno. Los coeficientes de la constante y la edad del Modelo 1b no son significativamente diferentes a los estimados en el Modelo 2.

El Cuadro 6 y la Figura 3 muestran los resultados del análisis de residuos donde se estimaron los residuos promedios por modelo y los intervalos de confianza. Los residuos se estimaron como la diferencia entre la talla estimada y observada en la primera ronda. Tal y como se había observado en los histogramas, el primer modelo sobreestima la talla y genera las estimaciones más sesgadas.

Los errores puros de los modelos externos están presentados en el Cuadro 7 son similares al RMSE del Modelo 2, lo cual indica que las ecuaciones de predicción del Modelo 2 producen buenas estimaciones de la talla, probablemente atribuido a que ambas poblaciones (Modelo 2 y la validación interna) son similares. Además, comparando los errores puros con estudios similares (Palloni y Guend, 2005) los errores puros obtenidos en este estudio son bajos, probablemente porque se excluyó en gran parte el efecto entrevistador en la medición antropométrica.

El Cuadro 7 muestra los errores puros de la talla en la validación interna del grupo de validación cruzada utilizando los coeficientes estimados por el grupo de validación. El resultado de la validación es satisfactorio. Los errores puros en la validación interna son bajos, dado que están basados en poblaciones similares.

4. DISCUSIÓN

Los resultados del Cuadro 4 muestran que los signos o correlaciones de los coeficientes estimados en el Modelo 2 coinciden con los modelos externos. La altura de la rodilla tiene una correlación positiva con la talla, entre mayor sea la altura de la rodilla, se estima que mayor será la talla. Respecto a la edad, la correlación es negativa, entre mayor sea la edad se estima que menor será la talla.

Respecto a los resultados de las Figuras 1 y 2, el histograma del Modelo 1a se encuentra centrado a la derecha del cero para ambos sexos, esto significa que este modelo sobreestima la talla. Este es un resultado esperado dado que los coeficientes del Modelo 1a están basados en una muestra de adultos mayores de los Estados Unidos y, en términos generales, la población norteamericana posee una razón talla-altura de la rodilla diferente en comparación con la población de Costa Rica. La tendencia de la distribución del diferencial entre la talla estimada y observada en el Modelo 1b es opuesta al Modelo 1a, dado que los histogramas del Modelo 1b para ambos sexos, se encuentran centrados a la izquierda del cero, lo que se interpreta como una subestimación de la talla. De los modelos externos, el que mejor ajusta, o cuya distribución del diferencial se encuentra más centrada, es el Modelo 1c, tanto para hombres como mujeres. El Modelo 2 es el que posee la distribución más centrada en cero de todos los modelos y más parecida a la normal, lo cual es un resultado esperable dado que el modelo es endógeno y la estimación de la talla se realiza con coeficientes de predicción basados en la talla real⁸. En lo que respecta a las pruebas de hipótesis presentadas en el Cuadro 5, se observa que la mayoría de los coeficientes estimados en el Modelo 2 son significativamente diferentes a los modelos externos.

El análisis de residuos confirmó los resultados obtenidos en el análisis de los histogramas de las distribuciones del diferencial. El primer modelo sobreestima la talla y genera las estimaciones más sesgadas. El Modelo 1a en promedio sobreestima la talla de los hombres en 2.7 cm y en 4.3cm para las mujeres con un 95% de confianza. El Modelo 1b subestima la talla en 1.6cm para los hombres y en 1.9 para las mujeres. De los modelos externos, el Modelo 1c es el que produce estimaciones menos sesgadas, sobreestimando la talla de los hombres en 0.8cm y la talla de las mujeres en 0.7cm. Sin embargo, ninguno de los intervalos de confianza de los modelos externos incluye el cero, sugiriendo que efectivamente los modelos sobreestiman o subestiman la talla. Por su parte, el Modelo 2, o modelo interno, posee los residuos promedios más bajos. En promedio, el Modelo 2 sobreestima la talla en 0.1cm (95%IC -0.1 a 0.3) para los hombres y en -0.1cm (95%IC -0.3 a 0.1) para las mujeres. Los intervalos de confianza del Modelo 2 sugieren que los residuos en este modelo son cercanos o igual a cero.

Los errores puros de los tres modelos externos son altos, corroborando que estos modelos producen estimaciones de la talla con importantes desviaciones de la talla real. Los altos niveles de los errores puros se atribuyen, probablemente, a diferencias étnicas entre la muestra utilizada para estimar los coeficientes (EEUU y México) y la muestra a la que se le aplicaron estos coeficientes (Costa Rica). En lo que respecta a la validación interna, los coeficientes de predicción estimados en la validación interna no son significativamente diferentes a los coeficientes de predicción del Modelo 2, resultado que le da solidez al Modelo 2.

⁸Para efectos de este trabajo, se entiende como talla real o talla verdadera la medida de la talla del adulto mayor que se encuentra en la base de datos de la encuesta.

5. CONCLUSIONES

La talla es una medida antropométrica que permite conocer el estado nutricional de personas adultas mayores. En el caso de los adultos mayores con problemas de movilidad es difícil realizar una correcta medición de la talla, por lo que se procede a estimar la talla a partir de la altura de la rodilla y la edad. Si la talla estimada se aleja de la verdadera medida del paciente, se pueden realizar diagnósticos equivocados en cuanto al estado nutricional del adulto mayor. El presente artículo plantea ecuaciones de predicción de la talla por sexo diseñadas para la población de adultos mayores en Costa Rica, las cuales forman una base importante para una mejor atención en salud de los adultos mayores, y permiten estimar más adecuadamente otros parámetros como el Índice de Masa Corporal y la Tasa Metabólica Basal, indicadores que permiten conocer más adecuadamente el peso y el requerimiento energético del adulto mayor.

Los coeficientes de predicción de la talla estimados en los artículos Chumlea, Roche, y Steinbaugh (1985) y Palloni y Guend (2005) están basados en poblaciones con importantes diferencias étnicas respecto a la población costarricense. El análisis de residuos demostró que el Modelo de Chumlea, Roche, y Steinbaugh (1985) al estar basado en una población estadounidense con una razón altura de la rodilla-talla muy diferente a la costarricense, sobreestima en gran medida la talla de los adultos mayores de Costa Rica. Por su parte, el modelo para mexicanos de Palloni y Guend (2005) subestima la talla de los adultos mayores de Costa Rica, y el modelo de los mismos autores para mestizos sobreestima la talla de los costarricenses, pero en menor medida. Sin embargo, ninguno de los modelos externos realiza correcciones o ajustes por el error humano en la medición de la talla y la altura de la rodilla, lo cual genera que el coeficiente de la constante en los modelos externos absorba el error humano de medición y produzca un mayor error en la estimación de la talla al momento de aplicar el modelo.

El modelo interno estimado en el presente trabajo se basó en una muestra representativa de los adultos mayores de Costa Rica. El modelo interno cuenta con dos correcciones del error humano de medición: (1) se utilizó el promedio de la altura de la rodilla de las dos primeras rondas del estudio longitudinal CRELES, y (2) se incluyó en la estimación de la regresión variables categóricas por cada entrevistador codificadas por desviación, de forma que estas variables absorbieron el efecto entrevistador, obteniendo un coeficiente de la constante libre del efecto entrevistador. Los coeficientes de predicción estimados en el presente estudio son, en su mayoría, significativamente diferentes a los coeficientes de predicción de los modelos externos; el Modelo 2 genera los residuos y errores puros más pequeños. Dado que los coeficientes de predicción de la validación interna no son significativamente diferentes a los coeficientes de predicción del Modelo 2, se recomienda utilizar los coeficientes de predicción del Modelo 2 presentados en el Cuadro 4 para estimar la talla de los adultos mayores de Costa Rica. Los coeficientes de predicción no han sido validados para poblaciones ajenas a la de adultos mayores costarricenses. El Modelo 2, propuesto en este artículo, es un importante insumo para la toma de decisiones en la salud pública de Costa Rica. El Modelo 2 permite obtener estimaciones más certeras de la talla de los adultos mayores, lo que a su vez permite realizar mejores estimaciones del Índice de Masa Corporal y los niveles de desnutrición de los adultos mayores. El nuevo modelo permite elaborar mejores estadísticas de la situación nutricional de los adultos mayores costarricenses y poder determinar las políticas públicas y protocolos adecuados para mejorar la calidad de vida de la persona adulta mayor en el país.

6. REFERENCIAS

- Alcaraz, M., Fong, J., Álvarez, N., y Pérez, A. (2001). Evaluación del estado nutricional del adulto mayor en el reparto de flores. *MEDISAN*, 5(1), 46-51.
- Alemán, H., Esparza, J., y Valencia, M. (1999). Antropometría y composición corporal en personas mayores de 60 años. Importancia de la actividad física. *Salud Pública de Mexico*, 41(4), 309-316.
- Arroyo, P., Lera, L., Sánchez, H., y Bunout, D., Santos, J. y Albala, C. (2007). Indicadores antropométricos, composición corporal y limitaciones funcionales en ancianos. *Rev Méd Chile*, 135, 846-854.
- Ashwell, M. (2009). Obesity risk: importance of the waist-to-height ratio [Riesgo de Obesidad: importancia de la relación cintura-estatura]. *Nursing Standard*, 23(41), 49-54.
- Berdasco, A. (2002). Evaluación del estado nutricional del adulto mediante la antropometría. *Revista Cubana Alimenta Nutr*, 16(2), 146-152.
- Berger, M., Cayeux, M., Schaller, M., Soguel, L., Piazza, G., y Chioléro, R. (2008). Stature estimation using the knee height determination in critically ill patients [Estimación de la estatura utilizando la determinación de la altura de la rodilla en los pacientes críticos]. *The European Journal of Clinical Nutrition and Metabolism*, 3, 84-88.
- Bermudez, O., Becker, E., y Tucker, K. (1999). Development of sex-specific equations for estimating stature of frail elderly Hispanics living in the northeastern United States [Desarrollo de ecuaciones propias de cada sexo para la estimación de la estatura de los hispanos mayores frágiles que viven en el noreste de Estados Unidos]. *Am J Clin Nutr*, 69, 992-998.
- Berral, F., y Águila, D. (2002). Valoración antropométrica/nutricional de enfermos adultos hospitalizados o encamados. *Archivos de medicina del deporte*, 19(88), 129-135.
- Borba, R., Coelho, M., Borges, P., Corrêa, J., y Gonzáles, C. (2008). Medidas de estimación de la estatura aplicadas al índice de masa corporal (IMC) en la evaluación del estado nutricional de adultos mayores. *Rev Chil Nutr*, 35(1), 272-279
- Brown, J. (2006). La Nutrición y el Anciano. En Brown, J. *Nutrición en las Diferentes Etapas de la Vida*. (2ed, pp. 420-437). México: McGraw-Hill.
- Cáceres-Rodas, R. I. (2004). Estado de salud, físico y mental de los adultos mayores del área rural de Costa Rica. *Población y Salud en Mesoamérica*, 1(2), 149-172.
- Chumlea, W., Roche, A., y Steinbaugh, M. (1985). Estimating stature from Knee height for Persons 60 to 90 years of Age [Estimación de la estatura de la altura de la rodilla para las personas de 60 a 90 años de edad]. *Journal of the American Geriatrics Society*, 33(7). 116-120.
- Chumlea, W., Guo, S., y Steinbaugh, M. (1994). Prediction of stature from knee height for black and white adults and children with application to mobility-impaired or handicapped persons [Predicción de la estatura de la altura de la rodilla para los adultos blancos y negros y los niños con aplicación a las personas con movilidad reducida o con discapacidad]. *Journal of the American Dietetic Association*, 94(12). 1385-1391.
- Chumlea, W., Guo, S., Wholihan, K., Cockram, D., Kuczmarski, R., y Johnson, C. (1998). Stature prediction equations for elderly non-Hispanic White, non-Hispanic black, and Mexican-American persons developed from Nhanes III data [Ecuaciones de predicción de la estatura de ancianos blancos no hispanos, negro no hispanos y personas estadounidenses de origen mexicano desarrollados a partir de los datos de NHANES III]. *Journal of the American Dietetic Association*, 98(2), 137-142.

- Deurenberg, P., Weststrate, J. A., y Seidell, J. C. (1991). Body mass index as a measure of body fatness: age-and sex-specific prediction formulas [Índice de masa corporal como una medida de la grasa corporal: por edad y fórmulas de predicción específicas del sexo]. *Br J Nutr*, 65(2), 105-114.
- Díaz, E., Tamez, H., y Gutiérrez, H. (2011). Estimación del peso a partir de medidas antropométricas del estudio SABE. *Nutr. Hosp*, 26(5), 1067-1072.
- Fernández, I., Martínez, A., García, F., Díaz, M., y Xiqués, M. (2005). Evaluación Nutricional Antropométrica en Ancianos. *Rev Cubana Med Gen Integr*, 21(1-5).
- Guo, S. S., Chumlea, W. C., y Cockram, D. B. (1996). Use of statistical methods to estimate body composition [El uso de métodos estadísticos para estimar la composición corporal]. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 64(3), 428S-435S.
- Guzmán, C., Reinoza, G., y Hernández, A. (2005). Estimación de la estatura a partir de la longitud de pierna medida con cinta métrica. *Nutr. Hosp.*, XX(5), 358-363.
- Mataix, J., y Rivero, M. (2007). Envejecimiento; Nutrición en la edad avanzada. En Mataix, J. *Tratado de Nutrición y Alimentación*. Vol. 2. (pp. 1182-1214). Barcelona, España: Oceano/Ergon.
- Ortiz, P., Mendez, F., Varela, L., y Pamo, O. (2007). Variación del estado nutricional del paciente adulto mayor durante la hospitalización en los servicios de medicina de un hospital general. *Rev Med Hered*, 18(1), 3-9.
- Palloni, A. y Guend, A. (2005). Stature Prediction Equations for Elderly Hispanics in Latin American Countries by Sex and Ethnic Background [Las ecuaciones de predicción de estatura para los hispanos de edad avanzada en países de América Latina por sexo y origen étnico]. *Journal of Gerontology: Medical Sciences*, 60A(6), 804-810.
- Peña, M., y Bacallao, J. (2001). La obesidad y sus tendencias en la región. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 10(2), 45-78.
- Restrepo, S., Morales, R., Cecilia, M., López, M., y Varela, L. (2006). Los hábitos alimentarios en el adulto mayor y su relación con los procesos protectores y deteriorantes de la salud. *Rev Chil Nutr*, 33(3), 500-510.
- Rosero-Bixby, L., Dow, W. H., y Fernández, X. (2013). *CRELES: Costa Rican Longevity and Healthy Aging Study. Methods, Wave 1* [CRELES: Estudio de Longevidad y Envejecimiento Saludable Costarricense. Métodos]. Berkeley, CA: Department of Demography, University of California, Berkeley. Recuperado de <http://www.creles.berkeley.edu>.
- Sánchez, S., García, C., Duque, M., Juárez, T., Cortés, A., y Reyes, S. (2007). Anthropometric measures and nutritional status in a healthy elderly population [Medidas antropométricas y estado nutricional en una población sana de edad avanzada]. *BioMed Central Public Health*, 7(2), 1-9.

7. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Dr. Gilbert Brenes Camacho del Centro Centroamericano de Población (CCP) de la Universidad de Costa Rica (UCR), y al Dr. Luis Rosero-Bixby de la Universidad de California, Berkeley por sus valiosos comentarios durante el desarrollo de la investigación.

8. TABLAS, CUADROS Y FIGURAS

Cuadro 1

Información descriptiva de la muestra de CRELES (en porcentajes)*

Distribución por grupos de edad	
60-64	31,6
65-69	25,0
70-74	17,7
75-79	13,5
80-84	7,2
85+	5,1
Sexo	
Hombres	47,4
Mujeres	52,6
Educación	
Primaria completa o menos	78,2
Secundaria incompleta	9,6
Secundaria completa +	12,2
Estado marital	
Soltero	7,6
Casado o unión libre	61,8
Viudo	20,0
Divorciado o separado	10,6

*con factores de ponderación

Fuente: Elaboración propia con datos del proyecto CRELES pre-1945 (2005), www.creles.berkeley.edu

Cuadro 2

Estadísticas descriptivas de la talla y altura de la rodilla por sexo de la muestra CRELES (cm)

Variable	Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo
Hombres (n=936)				
Talla	163,13	6,63	132,60	186,30
Altura de la rodilla	51,55	2,43	43,60	61,95
Mujeres (n=1101)				
Talla	149,14	6,55	117,40	170,70
Altura de la rodilla	47,25	2,35	38,20	55,20

Fuente: Elaboración propia con datos del proyecto CRELES pre-1945 (2005), www.creles.berkeley.edu

Cuadro 3
Coeficientes de predicción de la talla (cm) según modelo

Ecuación	Constante	Altura Rodilla	Edad
Hombres			
Modelo 1a ¹	64,19	2,03	-0,04
Modelo 1b ²	63,85	2,03	-0,09
Modelo 1c ²	70,93	1,92	-0,08
Modelo 2 ³	58,28	2,20	-0,10
Mujeres			
Modelo 1a ¹	84,88	1,83	-0,24
Modelo 1b ²	74,14	1,82	-0,17
Modelo 1c ²	99,90	1,36	-0,19
Modelo 2 ³	62,00	2,10	-0,16

¹Fuente: Chumlea et al (1985)

²Fuente: Palloni y Guend (2005)

³Fuente: Elaboración propia con datos del proyecto CRELES pre-1945 (2005), www.creles.berkeley.edu

Cuadro 4
Predicción de la talla por sexo para el Modelo 2

	Coef. (cm)	Error Estándar	p-value	Intervalo de Confianza 95%		
Hombres						R² = 0,755
Edad	-0,100	0,017	0,000	-0,140	-0,077	RMSE = 3,275
Altura Rodilla	2,203	0,063	0,000	2,071	2,318	
Constante	58,278	3,414	0,000	51,578	64,978	
Mujeres						R² = 0,702
Edad	-0,163	0,014	0,000	2,000	2,199	RMSE = 3,371
Altura Rodilla	2,100	0,051	0,000	2,073	2,395	
Constante	61,999	2,859	0,000	56,390	67,608	

Fuente: Elaboración propia con datos del proyecto CRELES pre-1945 (2005), www.creles.berkeley.edu

Cuadro 5

P-values de prueba hipótesis coeficientes del Modelo 2 igual a coeficientes de modelos externos

MODELO	Constante	Altura Rodilla	Edad
Hombres			
Modelo 1a	0.084 *	0.009 **	0.000 **
Modelo 1b	0.103	0.008 **	0.254
Modelo 1c	0.000 **	0.000 **	0.071 *
Mujeres			
Modelo 1a	0.000 **	0.000 **	0.000 **
Modelo 1b	0.000 **	0.000 **	0.661
Modelo 1c	0.000 **	0.000 **	0.038 **
**5% significancia			
*10% significancia			
Fuente: Elaboración propia con datos del proyecto CRELES pre-1945 (2005), www.creles.berkeley.edu			

Cuadro 6

Análisis de residuos por modelo

Modelo	Promedio	Error Estándar	Intervalo de Confianza 95%	
Hombres				
Modelo 1a	2.7	0.1	2.5	2.9
Modelo 1b	-1.6	0.1	-1.8	-1.4
Modelo 1c	0.8	0.1	0.5	1.0
Modelo 2	0.1	0.1	-0.1	0.3
Mujeres				
Modelo 1a	4.3	0.1	4.1	4.5
Modelo 1b	-1.9	0.1	-2.1	-1.7
Modelo 1c	0.7	0.1	0.4	0.9
Modelo 2	-0.1	0.1	-0.3	0.1

Fuente: Elaboración propia con datos del proyecto CRELES pre-1945 (2005), www.creles.berkeley.edu

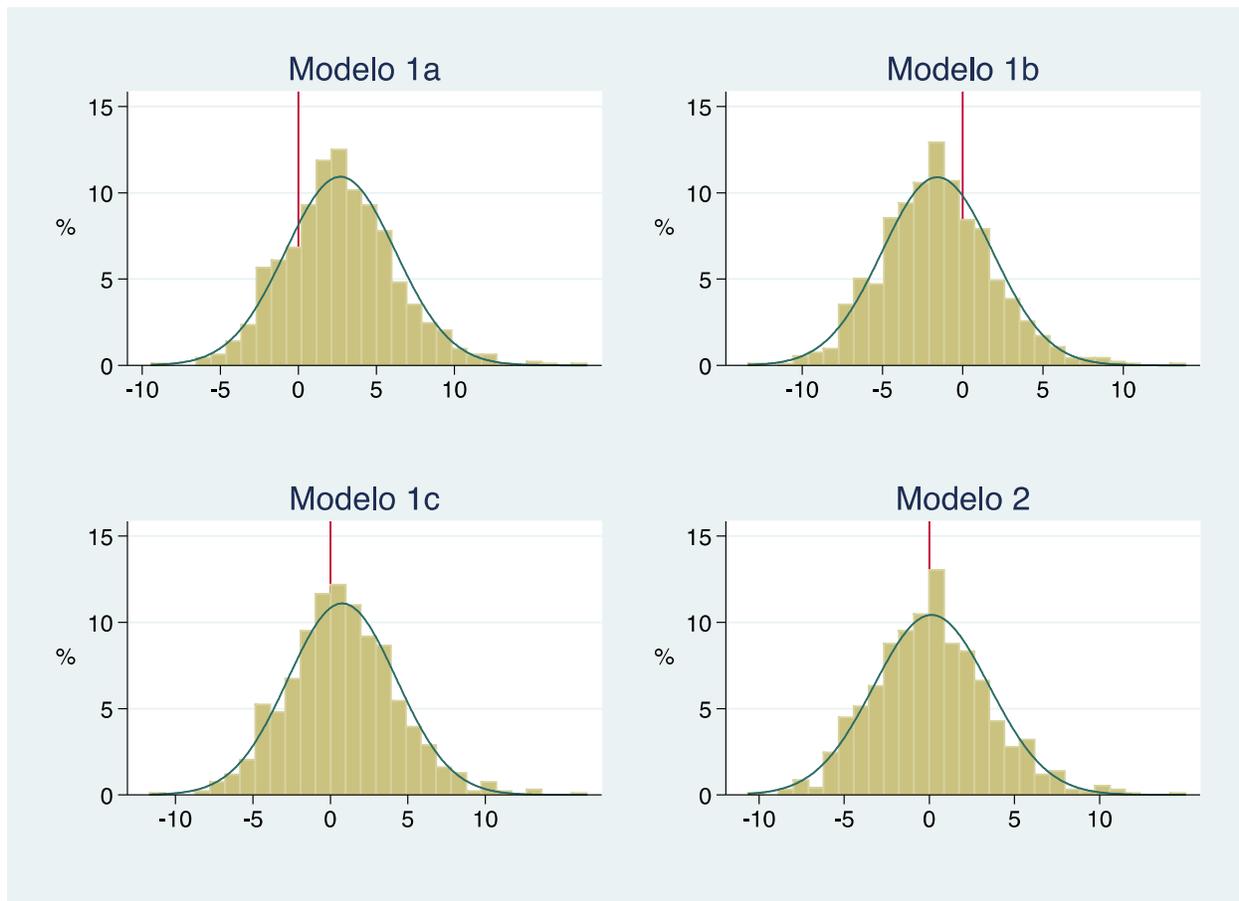
Cuadro 7
Errores puros para modelos los externos y la validación interna

Modelo	Error Puro
Hombres	
Modelo 1a	4.580
Modelo 1b	3.908
Modelo 1c	3.701
VI*	3.324
Mujeres	
Modelo 1a	5.863
Modelo 1b	4.216
Modelo 1c	4.169
VI*	3.525

*VI: Validación interna

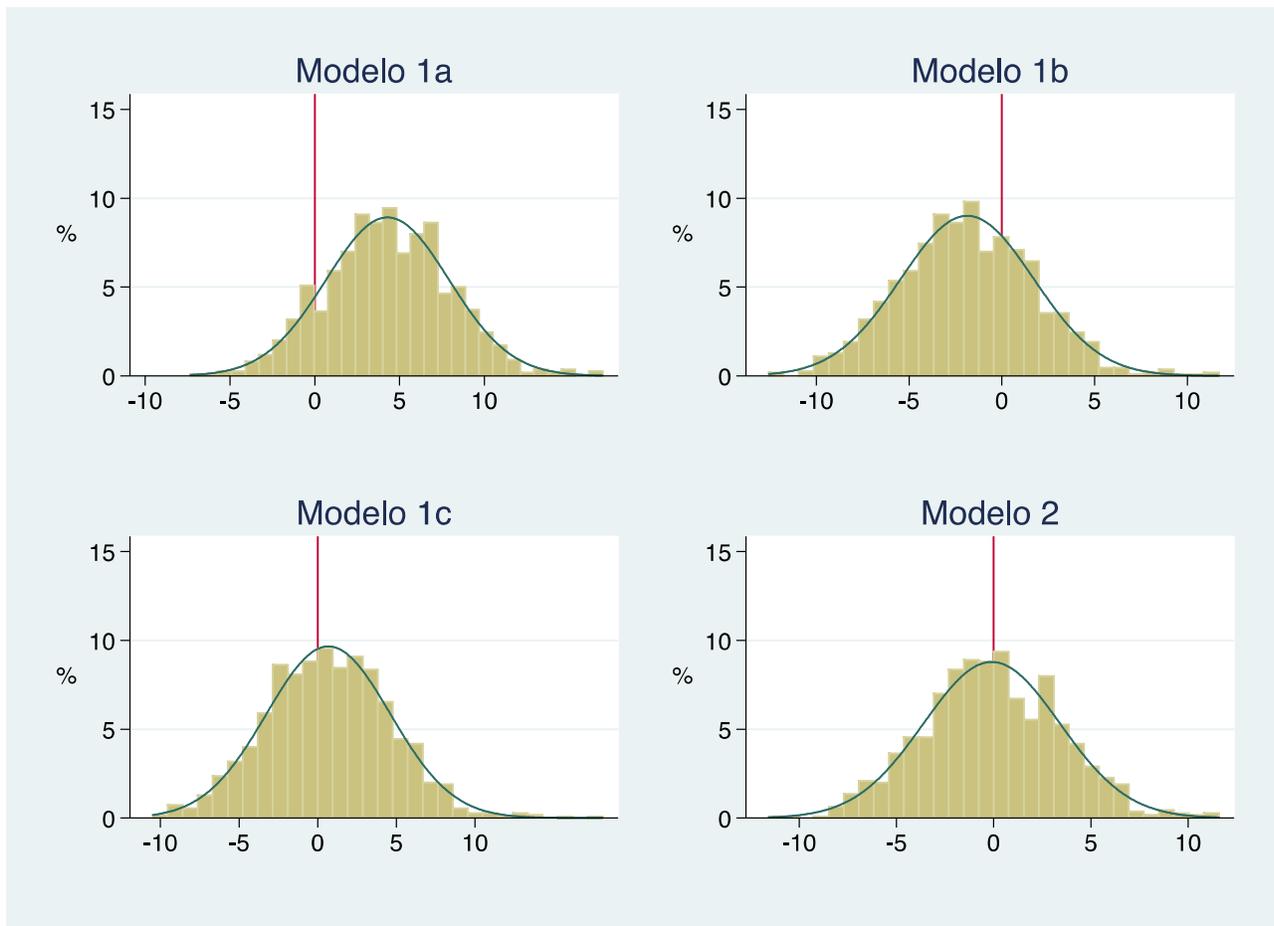
Fuente: Elaboración propia con datos del proyecto CRELES pre-1945 (2005), www.creles.berkeley.edu

Figura 1
Diferencial entre la talla estimada y observada para hombres por modelo



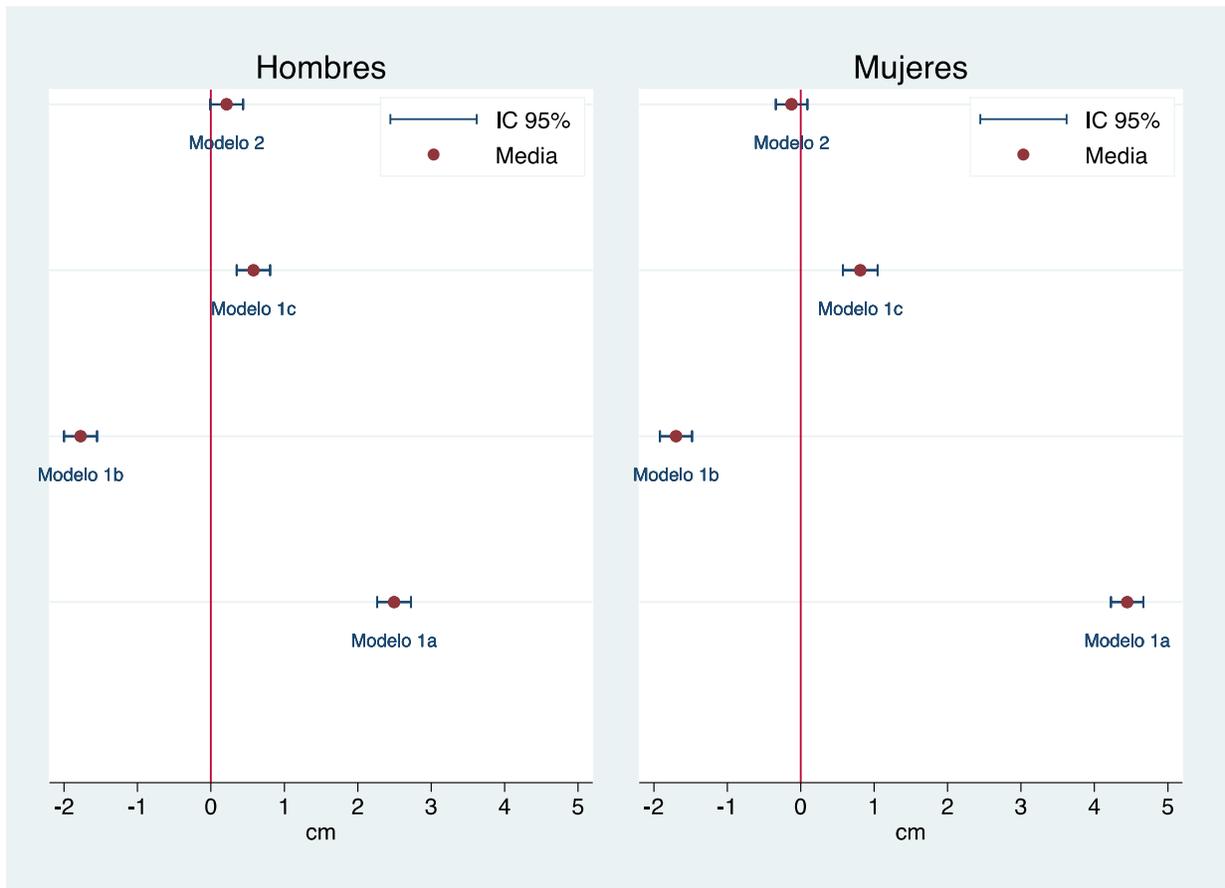
Fuente: Elaboración propia con datos del proyecto CRELES pre-1945 (2005), www.creles.berkeley.edu

Figura 2
Diferencial entre la talla estimada y observada para mujeres por modelo



Fuente: Elaboración propia con datos del proyecto CRELES pre-1945 (2005), www.creles.berkeley.edu

Figura 3
Análisis de residuos: intervalos de confianza y media por modelos y sexo



Fuente: Elaboración propia con datos del proyecto CRELES pre-1945 (2005), www.creles.berkeley.edu