



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES
DEPARTAMENTO DE ANTROPOLOGÍA

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CARREA PARA ESTIMAR ESTATURA DE POBLACIÓN CHILENA ADULTA DE SANTIAGO

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL
DE ANTROPÓLOGA FÍSICA

OFELIA MEZA ESCOBAR

PROFESOR GUÍA:
EUGENIO ASPILLAGA FONTAINE

TUTORES:
RODRIGO RETAMAL YERMANI
EDGAR RUEDA GUEVARA

SANTIAGO DE CHILE
DICIEMBRE 2014

Scientia est lux lucis

*A mi familia,
un agradecimiento infinito
por el amor, la paciencia, el apoyo
incondicional y la fe puestas en mi.*

*A mis amigos,
que me brindaron las alegrías y risas
necesarias para terminar esto.*

*Y a todos aquellos voluntarios
que de buena gana se prestaron
para ser medidos y moldeados.
Muchas gracias.*

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	3
ÍNDICE	4
RESUMEN	6
ABSTRACT	7
1. INTRODUCCIÓN	8
1.1. Antecedentes y planteamiento del problema	8
1.2. Reconstrucción de la estatura	9
2. MARCO TEÓRICO	11
2.1. Métodos de estimación de estatura en adultos	11
2.2. Índice de Carrea	13
2.2.1. Investigaciones previas	16
2.2.2. Importancia y limitaciones del método	17
2.3. Principios de odontología	17
2.3.1. Estructura dental	17
2.3.2. Caracterización de piezas anteriores	19
2.3.2.1. Incisivos	19
2.3.2.2. Caninos	20
2.3.3. Heredabilidad del tamaño dental	21
2.4. Nociones de proporcionalidad	21
2.4.1. Relación entre el maxilar y la mandíbula	24
3. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	27
3.1. Hipótesis	27
3.2. Objetivos	27
3.2.1. Objetivo general	27
3.2.2. Objetivos específicos	28

4. MATERIALES Y MÉTODOS	29
4.1. Muestra utilizada	29
4.2. Metodologías	29
4.2.1. Moldes dentales	29
4.2.2. Medición de la estatura	30
4.2.3. Medición de arco y radio-cuerda	30
4.2.4. Programa estadístico	30
5. RESULTADOS	31
5.1. Error Intraobservador	31
5.2. Evaluación del Índice de Carrea	32
5.3. Desarrollo de ecuaciones ajustadas	37
6. DISCUSIÓN	40
7. CONCLUSIONES	45
BIBLIOGRAFÍA	47
ANEXOS	53
Anexo A. Informe de Evaluación del Comité de Ética de la Investigación en Ciencias Sociales y Humanidades	54
Anexo B. Consentimiento Informado aprobado por dicho Comité	56
Anexo C. Metodología de la medición de la estatura y toma de molde de los participantes	59
Anexo D. Tabla de datos generados para la ecuación original de Carrea	64
Anexo E. Tabla de datos generados para ecuaciones por lado	67
Anexo F. Tabla de datos generados para ecuaciones por arco	70
Anexo G. Tabla de datos generados para la ecuación final desarrollada por esta investigación	73

RESUMEN

El índice de Carrea es una metodología desarrollada para la estimación de la estatura de un individuo a partir de medidas tomadas de piezas dentales anteriores de la mandíbula. Esta metodología, poco utilizada actualmente en Chile, ofrece la posibilidad de estimar uno de los datos fundamentales del perfil biológico de un individuo sin tener que recurrir a los huesos largos.

El propósito de esta Memoria de Pregrado fue poner a prueba la metodología antes descrita, utilizándola para estimar estatura de una muestra de población chilena actual de Santiago. Para conseguirlo, se realizó un estudio en 100 modelos de yeso de habitantes de la ciudad de Santiago de ambos sexos, entre los 18 y 30 años. La estatura de los participantes se midió con un estadímetro, mientras que las medidas dentales se tomaron de acuerdo al método modificado por Cavalcanti *et al.* utilizando un calibre digital sobre el molde. Ambas estaturas se compararon luego de obtener los resultados y se analizó el porcentaje de acierto y precisión del método dental original de Carrea. Luego de constatar su significancia estadística, se desarrollaron ecuaciones ajustadas para la población analizada con mayor valor predictivo que la original. Ya sea en contextos de esqueletos incompletos o como complemento a las metodologías ya utilizadas, la puesta a prueba de este índice en población chilena implica un avance en la enseñanza y el trabajo de la Antropología Física en su rama Forense y Dental en el país.

Palabras Clave: Antropología forense, Antropología dental, estatura, índice de Carrea.

ABSTRACT

Carrea's Index is a methodology developed for the height's estimation based in measurements taken from front teeth of the lower mandible. This method, seldom utilized in Chile, offers the possibility of estimating one of the biological profiles fundamental data of an individual without having to resort to the use of long bones.

The purpose of this Undergraduate thesis was to test the methodology described above, using it to estimate stature of Chilean population living in Santiago. To achieve this, a study was performed in 100 plaster casts of the mandible from people in the city of Santiago of both sexes, between 18 and 30 years. The height of the participants was measured with a stadiometer, while dental measures were taken according to the modified method by Cavalcanti *et al.* using a digital caliper on the mold. Both heights were compared after obtaining the results and the success and accuracy rates of the original Carrea's dental method was tested; after reviewing the statistical significance, adjusted equations for this population in particular were developed with greater predictive value than the original. Whether in contexts of incomplete skeletons or in addition to methodologies previously used, the testing of this index in Chilean population implies an advance in education and work in the branches of Forensic and Dental Physical Anthropology in this country.

Keywords: Forensic Anthropology, Dental Anthropology, Stature, Carrea's Index.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes y planteamiento del problema

La Antropología Física ha buscado, desde sus inicios, caracterizar biológicamente las poblaciones que antaño caracterizaba el etnógrafo. Claude Levi-Strauss considera que la antropología física está conformada por tres vertientes del conocimiento: ciencia social, humanidad y ciencia natural; es decir, es una ciencia natural obligada a atender permanentemente los aspectos sociales y humanos, debido a su particular objetivo de estudio (Levi-Strauss 1995: 365-366). Dentro de este contexto aparece la Antropología Forense, subdisciplina de la Antropología Física definida como la "encargada de la exhumación de restos óseos de desaparecidos, a través de su enfoque multidisciplinario conjugando los aportes de la antropología biológica (paleoantropología, somatología, antropología dental, dermatoglífica), arqueología y otras disciplinas antropológicas (sociales), forenses (medicina, odontología) y la criminalística, con el fin de aunar esfuerzos en la identificación de los N.N" (Rodríguez Cuenca 1994). En resumen, y según la American Board of Forensic Anthropology (ABFA), la Antropología Forense estaría definida como "la aplicación de la ciencia de la antropología física o biológica al proceso legal". Se trata, entonces, de la disciplina científica enfocada en la historia de vida, muerte y procesos post-mortem de un individuo específico, como reflejo primario de sus restos esqueléticos y el contexto físico y forense en que se encontró (Dirkmaat *et al.* 2008: 47).

Es posible aseverar que una de las metas de la antropología forense es apoyar en la obtención de una identificación positiva de restos esqueléticos anónimos en un contexto legal y, en condiciones óptimas, en trabajo conjunto con un equipo interdisciplinario de especialistas en el ámbito de la Medicina, Odontología y Arqueología. Esto, ya que a menudo la única evidencia restante de un sitio del suceso, catástrofe masiva o incendio, son los huesos; éstos pueden entregar gran cantidad de información acerca de la víctima y pueden llevar a una identificación positiva de la misma. Cañadas (2005) describe dos situaciones distintas en el proceso de identificación humana. La primera es definida como identificación comparativa, en la cual las circunstancias permiten la disponibilidad de datos ante y post mortem para un examen comparativo de uno o más individuos. La segunda, conocida como identificación

reconstructiva, requiere una metodología basada en el levantamiento exhaustivo de todas las características que permitan obtener conclusiones sobre el perfil biológico de las personas analizadas; es decir, la determinación de edad, sexo, estatura y ancestría. En este sentido, durante un proceso de identificación reconstructiva, un individuo puede verse excluido por el solo dato de una estatura distinta (Krenzer 2006).

La importancia de los dientes en los procesos de identificación radica en sus características de resistencia ante agentes tafonómicos tan destructivos como el tiempo, la erosión, el fuego o un trauma, lo que les confiere gran valor a la hora de rescatar datos de individuos fallecidos en catástrofes masivas o en contextos desconocidos. Más aun, los dientes pueden proveer de información adicional sobre la especie, el grupo ancestral, el sexo, edad, estatura y otros datos concernientes a la vida y muerte del individuo. De esta forma, en los casos en que los huesos largos no se hallasen o estuviesen en malas condiciones, los dientes pueden ser usados para estimar el perfil biológico del individuo. En este sentido, el odontólogo argentino Dr. Juan Ubaldo Carrea (1920) establece que existen relaciones proporcionales entre las dimensiones dentales de la cara y el cráneo, a partir de lo cual sugiere que esta proporcionalidad se extiende al resto del individuo. Basándose en el principio anterior, Carrea (1939) generó un modelo matemático para la estimación de la estatura a partir de las dimensiones de las piezas dentarias anteriores mandibulares, verificado posteriormente con resultados de diversa índole (Cavalcanti *et al.* 2007; Lima 2011, Lima *et al.* 2011).

Considerando que existe escasa información sobre la precisión de este modelo y al hecho de que la mayoría de la población presenta algún tipo de maloclusión, mayormente apiñamiento y diastema, la aplicabilidad real de este índice es materia de esta investigación.

1.2. Reconstrucción de la estatura

La estatura es la altura total de una persona, variando de acuerdo al sexo, la edad, la ancestría, el desarrollo individual y la influencia hormonal (Lima *et al.* 2011). Refleja, a grandes rasgos, la sumatoria de las alturas y longitudes de cinco estructuras esqueléticas: cráneo, columna vertebral, coxal, extremidades inferiores y tobillo. Se trata de un rasgo que se ve influenciado tanto por factores genéticos y ambientales, por lo que el desarrollo de metodologías para su estimación ha sido complejo y poco explorado. Existe evidencia reciente que sugiere que el componente genético hereditario

oscila entre el 75 a 90% (Hirschhorn *et al.* 2001 en Kemkes-Grottenthaler 2005; Valenzuela 1997; Liu *et al.* 2004 en Gustafsson *et al.* 2007), mientras que, para el caso específico de la población chilena, estudios han demostrado que el crecimiento, el desarrollo y estatura final estarían en algún grado relacionados con los cromosomas sexuales (Bogin 1999; Valenzuela 1983).

La dificultad en la creación de metodologías estándar para la estimación de la estatura a partir de un segmento corporal radica en las diferencias genéticas y ambientales que cada población posee y que pueden hacer variar sus tasas de crecimiento y/o de desarrollo corporal. Además, el incremento secular o generacional de la estatura que se ha observado en las poblaciones industrializadas de las últimas dos o tres generaciones, incide en que los métodos desarrollados previamente a este salto necesitan una revisión. Según Rodríguez Cuenca, la estatura máxima se alcanza en promedio a una edad más temprana, hacia los 21 años, cuando en el siglo pasado se apreciaba a los 25 años en los varones. Una mejor nutrición, la exogamia, la disminución de las enfermedades, la mejora en las condiciones higiénicas, el estilo urbano de vida y otros factores habrían incidido en estos cambios (Rodríguez Cuenca 1994).

Los resultados de las distintas metodologías utilizadas para estimar estatura convienen en que éstas se definen como la altura comprendida entre el vértex, el punto más elevado de la cabeza hasta el suelo, orientando la cabeza del individuo en el plano de Francfort. Se suele medir mediante el antropómetro y se expresa la medición en centímetros (Byers 2002, Rodríguez Cuenca 1994).

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Métodos de estimación de estatura en adultos

Tradicionalmente, la estimación de la estatura en antropología física ha estado ligada a modelos matemáticos que utilizan las medidas de los huesos largos (Rodríguez Cuenca 1994; Klepinger 2006). Según los autores Burt & Banks (1947), los valores de correspondencia expresados mediante el coeficiente de correlación entre la estatura y los distintos segmentos longitudinales, se aprecian significativamente con la longitud de la pierna (0,864), la talla sentado (0,732), la longitud del brazo (0,677) y del muslo (0,608). Por tal razón, en el cálculo de la estatura, a partir de las dimensiones del esqueleto, se aplica de preferencia las longitudes de la extremidad inferior, la columna vertebral y la extremidad superior.

Las primeras investigaciones realizadas tendientes a establecer algunas relaciones métricas entre el cuerpo humano y algunas de sus partes para estimar estatura fueron emprendidas por Pearson (1899), quien desarrolló modelos de regresión con base en los huesos largos, como fémur, tibia, húmero y radio, todos del lado derecho, y consiguió tablas precisas para estimar la estatura de 100 cadáveres de la sala de autopsias de la ciudad de Lyons previamente estudiados y medidos por el Dr. Rollet (Pearson 1899). Posteriormente, en 1922, Abreu resaltó las dificultades de la determinación de la estatura cuando se dispone de fragmentos cadavéricos de huesos aislados. En 1950, Telkkä estudió los esqueletos de 115 individuos de sexo masculino y 39 de sexo femenino, creando tablas comparativas a partir de las cuales elaboró fórmulas de regresión por medio de medidas de huesos largos.

Desde ese momento, se han investigado varios huesos por su potencial uso en la estimación de la estatura: huesos largos (Rollet 1889), altura craneal (Ryan y Bidmos 2007), escápula, clavícula y coxal (Shulin y Fangwu 1983), metacarpos (Musgrave y Harneja 1978), metatarsos (Byers *et al.* 1989), tarsos (Holland 1995), vértebras (Nagesh y Kumar 2006), entre otros. Incluso se ha probado el uso del pie y de las huellas de zapatos, sin demasiado éxito (Giles y Vallandigham 1991). Por la naturaleza fragmentaria de muchas osamentas, también se ha investigado el uso sólo de secciones de huesos largos (Steele y McKern 1969, Simmons *et al.* 1990, Wright y Vásquez 2003).

La mayoría de autores que han analizado las dificultades prácticas adyacentes a la reconstrucción de la estatura han expresado sus reservas sobre la aplicación de fórmulas de regresión que permitan la obtención de estimaciones apropiadas en muestras esqueléticas (Formicola 1993). Las fórmulas se basan, generalmente, en coeficientes de correlación entre la longitud de los huesos largos y la estatura publicadas a finales del siglo XIX (Manouvrier, Pearson) y principios del siglo XX (Hrdlicka). Otros utilizan la totalidad de huesos implicados en la sumatoria estatural, incluyendo el segmento cefálico, raquídeo y las extremidades inferiores. En 1957, Almeida Júnior describe dos métodos que pueden ser utilizados cuando se pretende reconstruir la estatura de un individuo por medio de los huesos. El método anatómico requiere un esqueleto más o menos completo y consiste en recomponer el mismo, colocando las diferentes piezas óseas en su posición natural, incluyendo los cartílagos hialinos e intervertebrales. En este sentido, el consenso general le atribuye al método anatómico los mejores resultados, aunque no es aplicable en ausencia de todos los segmentos requeridos.

El método matemático o métrico es aplicable cuando se dispone de uno o de más huesos de los miembros. Su base científica reposa en la correlación existente entre la estatura del individuo y de los segmentos corporales de los huesos largos de los miembros superiores o inferiores. En este método se enmarcan la gran cantidad de fórmulas de regresión desarrolladas para distintas poblaciones. Sin embargo, y para evitar los sesgos en la reconstrucción de la estatura, se recomienda calcularla a partir de la combinación de varios huesos, particularmente de aquellos que utilizan la sumatoria del fémur y de la tibia (Rodríguez Cuenca 1994).

En 1952, Trotter y Gleser crearon tablas para estimar la estatura de norteamericanos caucásicos y afroamericanos, separando por sexo y ancestría. Las tablas fueron elaboradas a través del estudio de esqueletos de individuos cuyas estaturas eran conocidas en vida y su relación con los huesos largos. Los autores, posteriormente, elaboraron técnicas de regresión para determinar la estatura en función a los segmentos corporales descritos. Sus tablas fueron durante mucho tiempo un referente para la estimación de la estatura y, aunque se siguen utilizando en la mayoría de las instituciones dedicadas a la Antropología Física o Medicina Legal, han aparecido posteriormente distintas metodologías tendientes a mejorarlas en relación a datos poblacionales no utilizados en ese momento. Estos nuevos intentos de mejorar o crear otras alternativas están reflejados en los métodos descritos para población mongoloide por Genovés en

1967, Trotter y Gleser en 1958, el método modificado para población mexicana por Del Ángel y Cisneros de 2004 y el método desarrollado por Ross y Manneschi para población chilena de 2010 (Abarca 2011); todos métodos utilizados generalmente en la estimación de la estatura de población amerindia (excepto el desarrollado por Ross y Manneschi que, por ser un método relativamente nuevo, está aun en proceso de validación).

Esta técnica, aunque ampliamente utilizada y confiable, es de poco valor cuando se tienen restos fragmentados o se cuenta con ciertos elementos óseos. En ese sentido, la utilización de métodos dentales se perfila como un buen camino a seguir, debido a que la dentadura rara vez sufre daños tafonómicos y que no existen dos individuos con las mismas condiciones dentarias ni aparato odontoestomatognático (obturaciones, prótesis, implantes, localización, posicionamiento, forma, tamaño, ausencias dentarias, patologías, entre otros) (Hillson 2005).

En este sentido, el odontólogo argentino Dr. Juan Ubaldo Carrea (1920) establece que existen relaciones proporcionales entre las dimensiones dentales y la cara y el cráneo, a partir de lo cual sugiere que esta proporcionalidad se extiende al resto del individuo. Basándose en el principio anterior, Carrea (1939) generó un modelo matemático para la estimación de la estatura a partir de las dimensiones de las piezas dentarias anteriores mandibulares, verificado posteriormente con resultados de diversa índole (Cavalcanti *et al.* 2007; Lima 2011, Lima *et al.* 2011).

2.2. Índice de Carrea

Según el autor, «todo ser viviente lleva en sí su patrón de medida y todos los elementos orgánicos guardan precisas relaciones proporcionales» (Carrea 1920). Esto implica que se puede desprender un patrón de la medida humana desde los dientes y, a través de ellos, determinar la altura individual y precisar la forma de los arcos y dimensiones de la cara y la cabeza. De esta forma, Carrea llega a un modelo matemático que expresa una relación entre un arco y un radio-cuerda que darían como resultado la estatura. Carrea define entonces:

- un arco como una circunferencia construida por la suma de los diámetros medio-distales del incisivo central, incisivo lateral y canino inferior medidos desde su cara vestibular, y

- un radio-cuerda como la medida de la línea recta localizada entre el margen mesial del incisivo central hasta el margen distal del canino (Figura 1).

Aceptando como principio que una mandíbula normal debe poseer una triangulación geométrica, Carrea reprodujo el triángulo de Bonwill (un triángulo equilátero mandibular interno formado por las líneas trazadas desde los puntos de contacto de los incisivos inferiores centrales (o la línea media de la cresta residual del maxilar inferior) hasta el cóndilo del otro lado y desde un cóndilo al otro) (Hillson, 2005) y, a partir de este triángulo, estableció un triángulo mandibular externo, desde el punto condíleo externo derecho al punto condíleo externo izquierdo con vértice en el punto mentoniano (Figura 2).

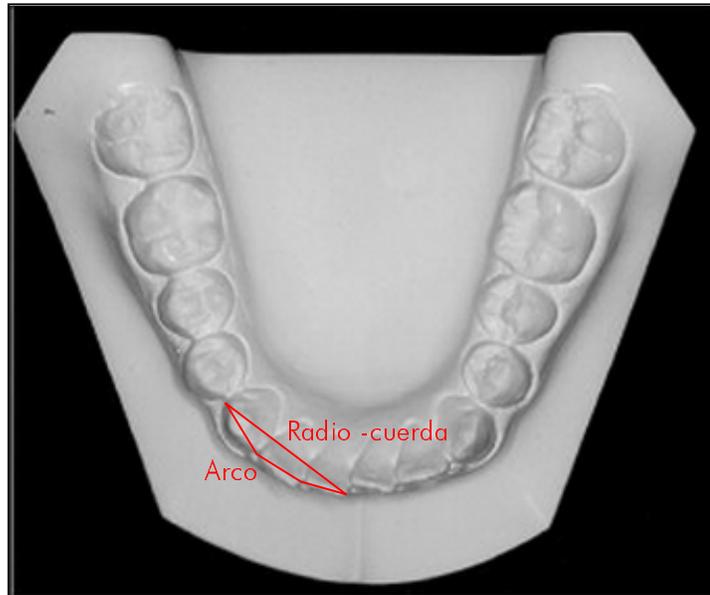


Figura 1. Ilustración de las medidas de arco y radio-cuerda.

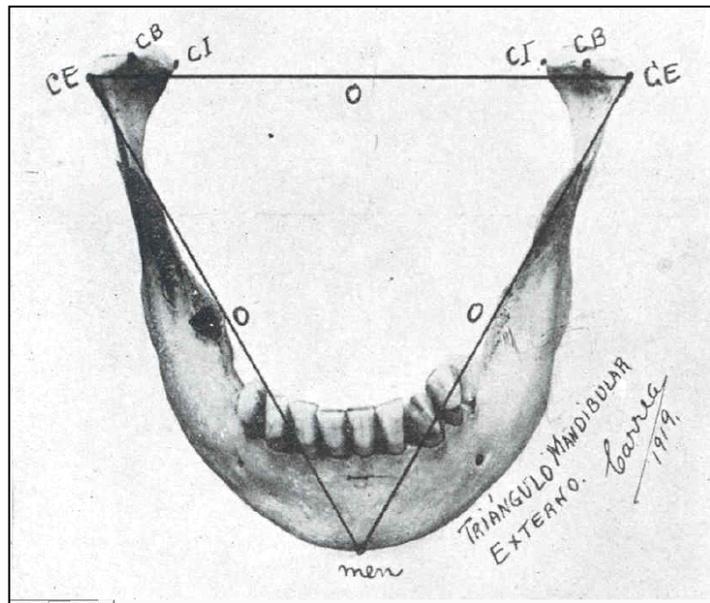


Figura 2. Triángulo externo de Carrea (Fuente: Carrea 1920)

El autor demostró que el triángulo de Bonwill mide seis veces la cuerda de arco formada por el incisivo central, incisivo lateral y canino inferior que, por ser igual al radio de una circunferencia menor, fue llamado radio-cuerda. El lado del triángulo de Bonwill (seis radio-cuerdas) corresponde al perímetro del hexágono inscrito en la

circunferencia menor, pues cada uno de sus lados mide una radio-cuerda (Figura 3).

Asimismo, señaló que en cuanto el radio-cuerda está contenido seis veces en un lado del triángulo de Bonwill, el mismo está contenido siete veces en un lado del triángulo mandibular externo, de modo que este triángulo de siete radio-cuerdas por lado tiene por altura seis radio-cuerdas. El autor afirma que un lado del triángulo mandibular externo mide la distancia entre la glabella y el punto mentoniano; es decir, mide siete radio-cuerdas, lo que, según Carrea, establece predeterminación de normalidad dentomaxilofacial (Figura 4).

De esta forma, Carrea desarrolló un método matemático que permite el cálculo de la estatura humana por medio de datos odontométricos. Luego de la realización de innumerables relaciones métricas entre los dientes, el rostro y el cráneo de varios individuos, Carrea afirmó que un radio-cuerda

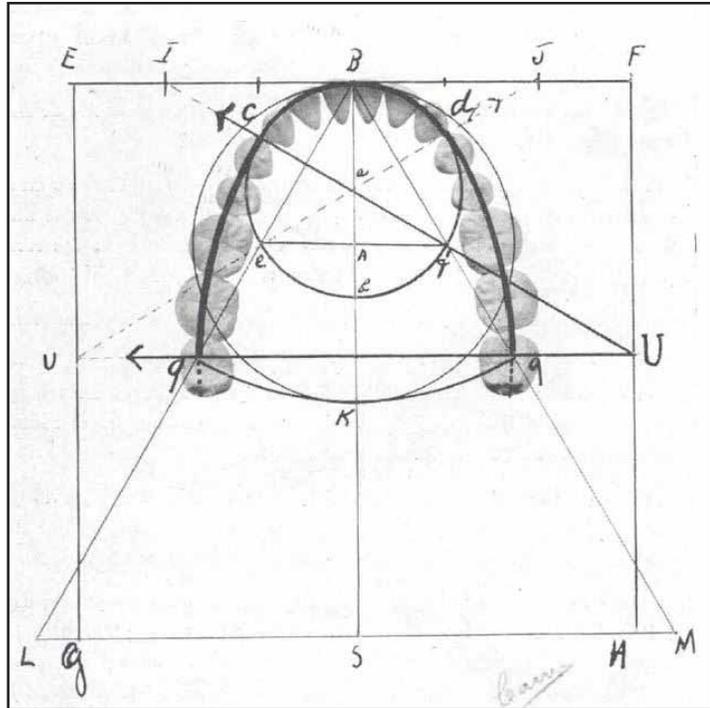


Figura 3. Trazados de Carrea de los radio-cuerdas y circunferencias (Fuente: Carrea 1920)

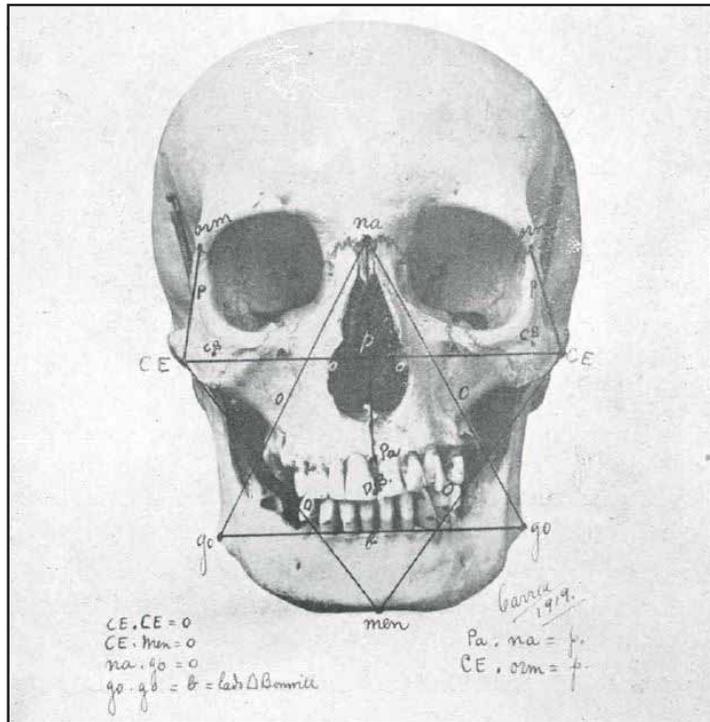


Figura 4. Equivalencias faciales (Fuente: Carrea 1920)

mide la distancia que limita un arco formado por el incisivo central, incisivo lateral y canino de un lado de la mandíbula, pudiendo establecer que un lado del triángulo de Bonwill (seis radio-cuerdas) multiplicado por 3,1416 (relación de circunferencia de radio: pi), por 100 y dividido por dos, es igual a la altura individual.

$$\text{Estatura} = \frac{\text{radio-cuerda} \times 6 \times 3,1416 \times 100}{2}$$

En una publicación posterior, Carrea (1939) exageró la medida con el fin de obtener una nueva fórmula, la que llamó "Estatura máxima", dejando a la anterior (Carrea, 1920) como definición de la "Estatura mínima".

$$\text{Estatura máxima} = \frac{\text{arco} \times 6 \times 3,1416 \times 100}{2}$$

2.2.1. Investigaciones previas a esta memoria

Se utilizó el método modificado por Cavalcanti *et al.* (2007), el que implica la medición individual de los tamaños dentales con un calibre de punta seca, siendo las medidas transferidas a una regla milimetrada, presentándose el radio-cuerda como la sumatoria de los valores individuales de cada diente. En la versión original, la medición del radio-cuerda se obtenía con una cinta métrica, la que probó ser menos eficaz a la hora de estimar la estatura real de los participantes del estudio conducido por Cavalcanti *et al.* El método tradicional de Carrea tuvo un acierto del 36%, un porcentaje muy menor en comparación al 96% obtenido con el método modificado (Cavalcanti *et al.* 2007). Esta diferencia en las mediciones puede deberse a que, utilizando la cinta métrica, se medía también el espacio inter-diente, lo que exageraba las medidas y conducía a error.

Estudios similares han sido conducidos recientemente en Brasil, donde se encontró que el porcentaje de acierto estadístico para dentadura normal era de 81,3% en hombres y 76% en mujeres (Lima *et al.* 2011). En estos estudios se determinó que, aunque la estatura depende de factores como el sexo, la edad, la ancestría, el desarrollo individual y la influencia hormonal, el índice de Carrea parece tener un buen porcentaje de acierto en poblaciones cuyo crecimiento se ve afectado por estos agentes, muy distintos entre cada grupo humano (Rodríguez Cuenca 1994).

Un estudio relacionado, realizado en el sur de Chile, encontró un porcentaje de acierto de toda la muestra del 54% (Gajardo *et al.* 2011). Sin embargo, este estudio consideró el uso del maxilar y no la mandíbula, como establece el método real para su aproximación, entendiéndose que el carácter desprendible de este hueso puede hacer que su recuperación sea más difícil.

2.2.2. Importancia y limitaciones del método

La puesta a prueba de una metodología es parte del quehacer disciplinario de la antropología física, pues es sólo de esta forma que se validan las metodologías creadas para otros grupos humanos en población chilena, permitiendo la utilización de las mismas en nuestro país. Así, el estudio se enmarca en la evaluación de un índice para estimar estatura, con la esperanza de poder dar una nueva herramienta a los antropólogos físicos de Chile.

Es importante considerar que el método está limitado a la población en la que se prueba y a partir de la cual se generan los resultados, pues se trata de una población mestiza con un acervo genético específico que, además, posee condiciones ambientales, nutricionales y de higiene distintas a otras poblaciones actuales o pasadas del país. Por esto, el método se limita al análisis de un núcleo particular de población y no asegura que sus resultados sean capaces de predecir de manera estadísticamente correcta la estatura de poblaciones foráneas.

2.3. Principios de odontología

2.3.1. Estructura dental

La composición de un diente comprende tejidos duros y blandos. Dentro de los primeros están el esmalte, el cemento y la dentina, mientras que el tejido blando es la pulpa dentaria. El esmalte que recubre la corona y el cemento de la raíz se unen en la zona cementoadamantina o línea cervical, que forma el límite de demarcación de la corona y la raíz. La capa más delgada de esmalte se encuentra en la unión cementoadamantina, y la mayor en las cúspides. Es el tejido más duro y quebradizo del organismo, compuesto en aproximadamente por el 96% de sustancia inorgánica y 4% de sustancia orgánica. Su color varía entre el blanco grisáceo y el amarillo, dependiendo del grado de translucidez del esmalte o de la dentina subyacente. La estructura esencial de la matriz de esmalte son los prismas de esmalte o bastoncillos que se disponen transversalmente desde la unión dentina-esmalte hasta cerca de la superficie de la

corona; parte del diente tiene una delgada capa de esmalte aprismático (Rodríguez Cuenca 2003).

La dentina es un tejido duro, denso y calcificado que forma la masa principal del diente. Su color es amarillo y es de naturaleza elástica; su composición química es de 70% de sustancia inorgánica y 30% de sustancia orgánica. A diferencia del esmalte se puede regenerar formando dentina secundaria, de color pardusco. La dentina está cubierta por esmalte en la corona y por cemento en la porción radicular. El cemento cubre la raíz del diente y sirve como medio de unión del diente con el hueso alveolar, mediante el ligamento periodontal. La composición química comprende 50% de sustancia orgánica y el otro 50% de inorgánica. El cemento acelular cubre la totalidad de la raíz anatómica y su menor espesor se localiza en la unión cementoadamantina.

El cemento celular se confina al tercio apical de la raíz, puede reproducirse y por consiguiente compensar los efectos del desgaste en la superficie oclusal de la corona. La pulpa ocupa la porción central del diente, está rodeada de dentina y juega un papel importante en la embriogenia pues da origen a los odontoblastos que producen la dentina. Posee una abundante red de vasos y fibras nerviosas.

La pulpa se distribuye tanto por la corona como por la raíz, hasta llegar al orificio apical por el cual penetran los vasos sanguíneos, los linfáticos y los nervios.

En cada diente se distinguen cinco caras (Figura 5):

- Cara vestibular, dirigida al vestíbulo de la boca, denominada cara labial en los dientes anteriores por estar contigua a la mucosa de los labios, y cara bucal en los posteriores.

- Cara lingual, dirigida a la cavidad de la boca, hacia la lengua, denominada palatina en los superiores.

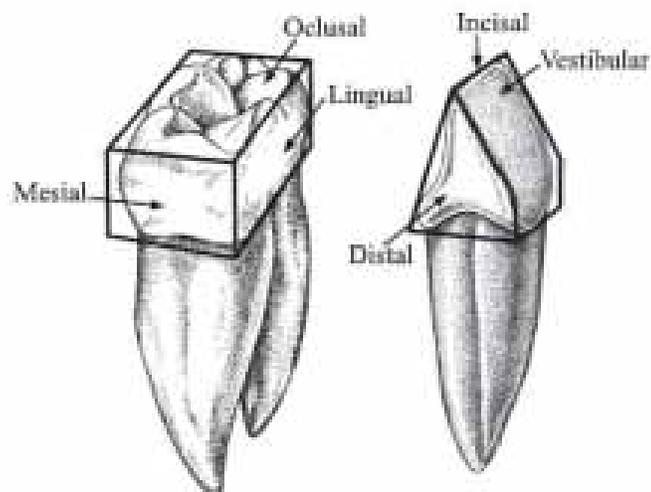


Figura 5. Caras de las coronas dentarias.
(Fuente: Cabró 2009)

- Cara de contacto mesial o proximal medial, anterior.
- Cara de contacto distal, lateral, posterior.
- Cara oclusal, masticatoria, incisal.

2.3.2. Caracterización de piezas anteriores

2.3.2.1. Incisivos

Las coronas de los incisivos son aplanadas y en forma de hoja. El contorno de la superficie de dentina expuesta en la cara incisal forma inicialmente una línea y, posteriormente, con el avance del desgaste, una banda. Las coronas de los incisivos superiores son anchas en sentido mesodistal con relación a su altura; observan mayor relieve en su cara lingual; sus raíces son más circulares en corte transversal.

El incisivo central superior se caracteriza por la presencia de mamelones, una corona más grande, más simétrica en su cara vestibular, convexa tanto transversal como longitudinalmente, y de mayor diámetro mesodistal que el lateral. Presenta tres pequeños lóbulos, cada uno de los cuales termina en el borde incisal en un pequeño mamelón. Por ambos lados del lóbulo medio se extiende un surco longitudinal. El borde distoincisal es más redondo que el mesoincisal, que es más recto (Rodríguez Cuenca 1999). En su cara lingual hay una fosa rodeada de tres elevaciones: rebordes marginales mesial y distal, y el cingulo que representa el cuarto lóbulo de desarrollo lingual. El ápice de la raíz generalmente se orienta hacia distal. Sus raíces son cónicas con punta roma; superficies vestibular y lingual más convexas.

El incisivo lateral superior es más estrecho y corto que el central y tiene una mayor curvatura total. La zona de contacto mesial se ubica en la unión de los tercios incisal y medio; la zona de contacto distal yace en el tercio medio. Su tamaño varía considerablemente, puede faltar o ser anormal. Los ángulos incisales son más redondeados; el distoincisal es más grande. La fosa lingual es más profunda y con bordes más desarrollados; hay presencia de un surco o fisura linguocervical. La superficie vestibular es más convexa. La raíz es más larga y estrecha que la del central. Las superficies mesial y distal son planas; la curvatura vestibulolingual es casi cóncava.

Los incisivos inferiores son angostos; presentan menor relieve lingual; sus raíces están usualmente comprimidas mesodistalmente. Su corona tiene forma de cincel. La cara vestibular es ligeramente convexa en sentido longitudinal y aplanada

transversalmente. Las vertientes marginales se expresan débilmente, y algunas veces faltan. La raíz resalta por ser muy acintada. El incisivo inferior central es más pequeño que el lateral, presenta menor diámetro mesodistal que el lateral y la corona es ligeramente más simétrica en su vista vestibular; su raíz es más corta respecto al lateral.

2.3.2.2. Caninos

Los caninos son dientes monocúspides que conservaron la forma cónica original y la función ancestral de cortar y desgarrar los alimentos. Son la pieza dentaria más larga y fuerte; soporte importante de la arquitectura facial pues sin ellos y la fosa canina del maxilar las comisuras bucales se aplanan. Se encuentran situados en el límite de separación entre los dientes anteriores (incisivos) y los posteriores (premolares y molares).

La corona del canino superior tiene una cara vestibular de forma rómbica, cuyo borde incisal es agudo y el borde cervical es redondo. La vertiente cuspídea distal es más larga y convexa; la mesial es más corta y recta. El borde distal es más inclinado y más largo que el mesial, de ahí que la porción cervical distal yace más abajo que la mesial. La cara lingual posee una apreciable elevación que se extiende desde la punta hasta el cíngulo; los rebordes marginales delimitan respectivamente las fosas linguales mesial y distal. Las raíces son convexas en sus superficies vestibular y lingual, y las superficies mesial y distal son anchas y algo aplanadas. La corona del canino superior es ancha en sentido mesodistal con relación a su altura; observa mayor relieve lingual y las raíces habitualmente son redondas en corte transversal (Rodríguez Cuenca 1999).

Los caninos inferiores resaltan por presentar una corona más larga, angosta y de menor relieve lingual. El contorno mesial vestibular es relativamente recto y la vertiente cuspídea mesial, corta. El distal es cóncavo en la unión cementoadamantina, pero convexo en la vertiente cuspídea distal. En la superficie lingual las fosas mesial y distal son menos notables que en los superiores. El cíngulo es más romo que en el canino superior y las mitades mesial y distal de la corona más simétricas. Mientras que el desgaste incisal de los superiores es más lingual, el de los inferiores es más vestibular. La raíz es más corta que en el superior, más aplanada, con surcos longitudinales más marcados. Las porciones apicales de la raíz del canino inferior presentan desviación mesial. Se puede presentar bifurcación de la raíz en su ápice, convirtiéndose en una raíz doble.

2.3.3. Heredabilidad del tamaño dental

Estudios de ratones de laboratorio han indicado que una considerable proporción de la variabilidad del tamaño del diente está determinada genéticamente (Bader 1965; Bader y Lehmann 1965). En la misma línea, algunos estudios en familias humanas con el objetivo de determinar la heredabilidad del tamaño, comparando las mediciones de dientes de padres y sus hijos, han demostrado una alta heredabilidad en los diámetros de las coronas (Goose & Lee 1971; Townsend & Brown 1978, 1979; Townsend 1980). Otros estudios que comparan gemelos monocigóticos con gemelos dicigóticos también han sugerido un fuerte componente hereditario (Horowitz *et al.* 1958; Osborne *et al.* 1958; Osborne 1963; Dempsey *et al.* 1995; Hughes *et al.* 2000). La herencia parece ser multifactorial (Potter *et al.* 1968; Goose 1971; Potter y Nance 1976; Goose & Roberts 1982) y pareciera que los genes que afectan al tamaño de la corona están presentes en ambos cromosomas sexuales (Alvesalo 1971; Townsend y Alvesalo 1985), así como en otros cromosomas (Potter y Nance 1976; Potter *et al.* 1976). Los factores ambientales están claramente implicados en la variación del tamaño de la corona (Garn *et al.* 1979b; Potter *et al.* 1983), pero una de las ventajas de los dientes es que las interrupciones de crecimiento inducidos ambientalmente se registran como defectos en el esmalte dental, por lo que sus efectos pueden ser potencialmente reconocidos (Hillson 1998).

2.4. Nociones de proporcionalidad

De acuerdo con Carrea (1939), la variación de la norma facial está ligada a cualquier anomalía dentaria, sea del maxilar o de la mandíbula. Los individuos pueden presentar oclusión normal o anormal, conforme su configuración facial y su conformación craneana.

La normalidad facial exige el equilibrio arquitecturalmente hablando. Si lo supernormal fuera corriente se encontrarían dos personas físicamente idénticas, cosa imposible, pero, se admite la ley de las proporciones humanas y de allí se infiere que cada persona lleva su patrón de medida. (Carrea 1939).

En 1950, Carrea afirmó que al estudiar las leyes de crecimiento y desarrollo del rostro notó que la simetría de las proporciones caminan siempre unidas. Las relaciones métricas realizadas, que llevan a la determinación de la fórmula con la que se estima la estatura humana, obedecen a principios y leyes sustentados por Fra Luca Pacioli

(1445-1517) en su tratado «La Divina Proporción», impreso en 1509 e ilustrado por Leonardo da Vinci (1452-1519), que incluye el clásico Hombre de Vitruvio, el cual reproduce las proporciones propuestas por Pitágoras (400 a.e.c).

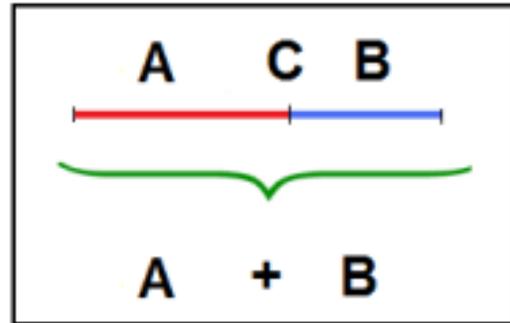


Figura 5. Representación esquemática de la proporción áurea (Fuente: Nascimento 2011)

Según Carrea (1950), la proporción áurea corresponde a una constante real y algebraica irracional, representada por la letra griega ϕ (phi) en homenaje a Fibonacci, quien elaboró una secuencia numérica de donde se extrajo el número 1,618 (número áureo). Dicha proporción está definida como la razón entre $a+b$ (siendo éstas las variables a estudiar), en que a coincide con la razón entre a y b . Algebraicamente se expresa por la fórmula:

$$\frac{a+b}{a} = \frac{a}{b} = \phi = 1,618$$

De acuerdo con lo referido por el autor, de una recta AB que mide 100 al ser dividida por 1,618 se obtienen dos partes, la mayor $AC=61,8$ y la menor $CB=38,2$. Sin embargo, cuando conocemos sólo la mayor parte, $AC=61,8$, ésta se divide por 1,618 y obtenemos 38,2, que es la medida de la parte menor. Del mismo modo, la medida menor (38,2) multiplicada por el número áureo corresponde a la parte mayor (61,8) (Figura 5).

Así, el autor afirma que el número áureo tiene una aplicación interesante en odontología, aunque poco conocida. Existe una relación entre la divina proporción, el triángulo mandibular de Bonwill, el triángulo mandibular externo y las demás medidas faciales. Un ejemplo de la altura del triángulo mandibular de Bonwill (BS), formada por Bb , en la proporción mayor, y por bS , en la proporción menor (Figura 6).

Las ideas de proporción y simetría también son aplicadas a la concepción de belleza humana representada por el Hombre de Vitruvio. Pischel (1966) afirma que la representación de Da Vinci está basada en la obra del famoso arquitecto romano Marcus Vitruvius Pollio «De Architectura», un tratado de arquitectura en el que, dentro

del tercer libro, se describen las proporciones del cuerpo humano, incluida una presunción de estatura basada en algunos segmentos corporales. Nadie había conseguido combinar de forma armoniosa y matemáticamente correcta las razones del cuerpo humano y la solución cuadrática del círculo conforme a lo propuesto por Vitruvio. Sin embargo, en 1490, Leonardo da Vinci reveló la solución definitiva en sus diarios de anotaciones, logrando el empalme perfecto dentro de dos patrones matemáticos esperados (Pischel 1966).

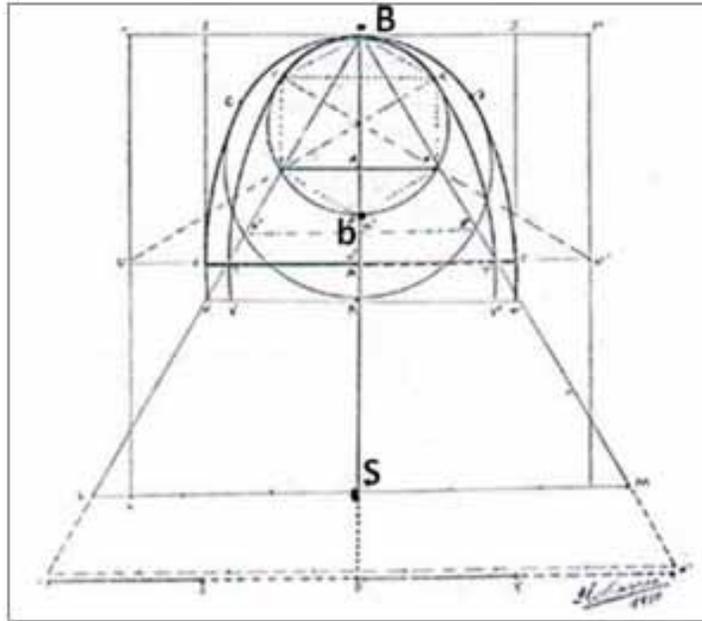


Figura 6. Representación de las proporciones áureas: (B), (b), (S) (Fuente: Carrea 1950)

Varios autores han utilizado esta proporcionalidad en la práctica e investigación en odontología, especialmente en la rama de la ortodoncia. Shoemaker (1981) promovió el uso de la proporción áurea como base para la odontología estética. Un año después, Ricketts (1982) demostró que la proporción está presente en las medidas encefalométricas.

Amoric (1989) constató que en los diferentes estadios de crecimiento facial, la proporción áurea se encuentra en las medidas cefalométricas. En esta línea, Preston (1993) afirmó que la proporción áurea no siempre es encontrada en la composición dental de la población general y que de ser usada como guía de diagnóstico, debe ser adaptada a cada caso particular, de acuerdo a criterios clínicos.

Gill (2001) demostró que el cráneo humano tiene, en su estatura, varias medidas en proporción áurea que se relacionan de variadas formas, lo que confiere al cuerpo un equilibrio eficiente. Estas medidas áureas fueron verificadas por Ono *et al.* (2007) en radiografías cefalométricas laterales de individuos con oclusión Clase I de

Angle, en las que algunas medidas del esqueleto craneofacial de individuos con patrones faciales distintos se presentan dentro de la proporción áurea. Las proporciones analizadas fueron: Or-Me/Ena-Enp; Or-Me/A-Pog; Or-Me/Co-Go; Go-Pog/N-Ena; Go-Pog/Ena-Enp; Co-Gn/Go-Pog; Ena-AA/N-Ena; SO-POOr/Ena-Enp (Figura 7). Los autores concluyeron que fueron encontradas cuatro proporciones áureas (Or-Me/A-Pog, Or-Me/Co-Go, Ena-AA/N-Ena y SO-POOr/Ena-Enp) dentro del grupo de individuos mesofaciales; una en el grupo dolicofacial (Or-Me/A-Pog) y que el grupo braquiofacial no obtuvo concordancias con la proporción áurea en ninguna de las proporciones medidas.

2.4.1. Relación entre el maxilar y la mandíbula

Balkwill (1866) descubrió un ángulo formado entre el plano que delimita las líneas trazadas por los cóndilos occipitales al punto medio incisal del plano oclusal. El autor estimó que este ángulo poseía un valor medio de 26° y lo denominó ángulo de Balkwill. Poco después, Bonwill (1885) estudió mandíbulas disecadas de cadáveres y logró determinar el triángulo que lleva su nombre. El triángulo de Bonwill se describe como un triángulo equilátero formado por las líneas imaginarias que unen el punto interincisivo (PI), al centro del cóndilo derecho (CD) y al centro del cóndilo izquierdo (CE) de la mandíbula (Figura 8).

Bonwill (1899) estableció que la distancia entre los cóndilos y el punto interincisivo (borde de incisivo central inferior) es de 10 cms para cualquier mandíbula adulta.

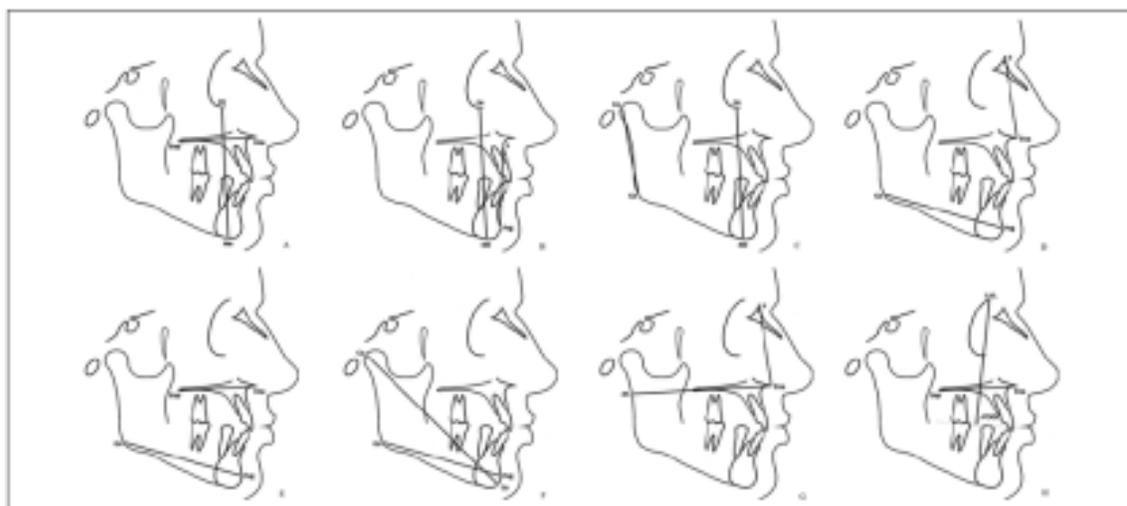


Figura 7. Proporciones (A) Or-Me/Ena-Enp; (B) Or-Me/A-Pog; (C) Or-Me/Co-Go; (D) Go-Pog/N-Ena; (E) Go-Pog/Ena-Enp; (F) Co-Gn/Go-Pog; (G) Ena-AA/N-Ena; (H) SO-POOr/Ena-Enp. (Fuente: Ono et al. 2007)

Tomando como base los estudios hechos por Carrea (1920), se puede inferir que la fórmula para estimar la estatura en base a la curva dental antero-inferior, que causa la circunferencia y el triángulo mandibular de Bonwill, está presente en una mandíbula normal.

En 1969, Zivanovic sugirió que gran parte de las mandíbulas humanas presentan la forma de un triángulo isósceles,

considerando los puntos propuestos por Bonwill. De esta forma, el triángulo de Bonwill no sería un triángulo equilátero, como había propuesto el autor, sino que isósceles, pues las mandíbulas de los hombres y las mujeres, cuando son comparadas intra e inter sexo presentan variaciones entre los lados del triángulo, de modo que apenas el 2% son simétricos y el 98% son considerados asimétricos.

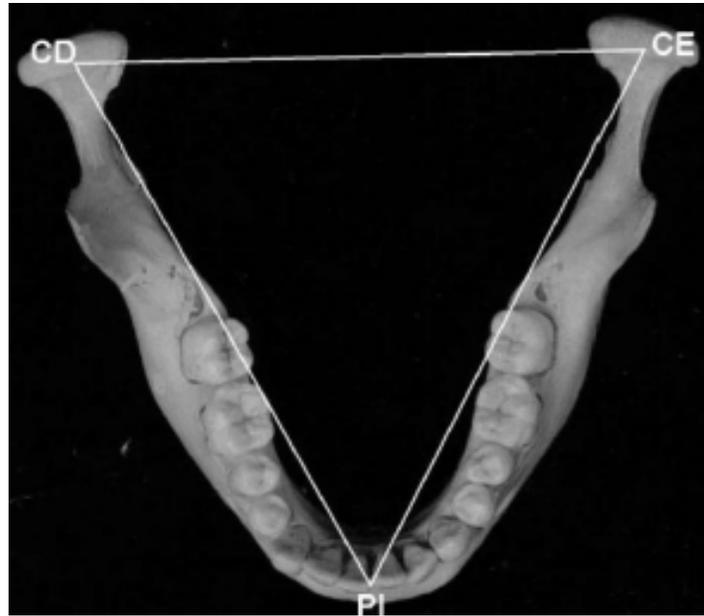


Figura 8. Diseño esquemático del triángulo de Bonwill, con CD: cóndilo derecho; CE: cóndilo izquierdo; PI: punto interincisivo (Fuente: Kochenborger *et al.* 2008)

En 1993, Enlow afirmó que el arco óseo mandibular se relaciona específicamente con el arco óseo maxilar de forma tal que, durante el crecimiento del cuerpo mandibular, éste se elonga para igualar al cuerpo maxilar. No obstante, deja sin explicar los problemas de oclusión presentes en un porcentaje amplio de la población. A este respecto, Kochenborger *et al.* (2008) realizaron un estudio cuyo objetivo fue relacionar el triángulo de Bonwill con el sexo y el tipo de oclusión de voluntarios, testeando la hipótesis de que un tipo de oclusión específica altera las medidas del triángulo en cuestión. Se examinó a 140 individuos entre 18 y 32 años que tuvieran una oclusión determinada como clase III de Angle. Los registros del punto interincisivo y la distancia intercondilar fueron realizados mediante un arco facial. Los autores observaron que hubo una diferencia significativa entre las medidas de hombres y mujeres e intra sexo, lo que sugiere que el triángulo de Bonwill no es equilátero y su composición es diferente de acuerdo al sexo del individuo. Teniendo en cuenta el muestreo, el tipo

de oclusión no influyó significativamente en la medida de los lados del triángulo, por lo que se rechazó la hipótesis inicial.

Finalmente, es importante destacar que mediante el análisis de los elementos dentales maxilares se concluye que tienen un mayor diámetro mesiodistal y se solapan a las de la mandíbula, lo que hace que el arco maxilar y su consiguiente circunferencia sea más grande que la circunferencia de la parte inferior. De esta forma, Lima *et al.* (2008) realizaron un estudio en el que concluyeron que la fórmula original de Carrea no es adecuada para las medidas de los dientes superiores, en el que dicho índice mostró 100% de error.

3. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

3.1. Hipótesis

En base a los antecedentes mencionados anteriormente, ¿es la propuesta de Carrea (1920, 1939) una metodología útil y estadísticamente precisa para estimar estatura en la población adulta chilena de Santiago?

Hipótesis nula (H₀): No existe correlación entre las estaturas reales y las estaturas estimadas con el índice de Carrea en población adulta chilena de Santiago, por lo que el método estudiado no muestra significancia estadística como estimador de estatura.

Si esta hipótesis es correcta, se espera encontrar diferencias significativas en las estaturas reales y las estaturas estimadas de los voluntarios, tanto a través de estimaciones basadas en la ecuación original de Carrea como con ecuaciones ajustadas a partir de los datos específicos de la muestra.

Hipótesis alternativa (H₁): Existe correlación entre las estaturas reales y las estaturas estimadas con el índice de Carrea en población adulta chilena de Santiago, existiendo significancia estadística entre las estaturas estimadas con este método.

Si esta hipótesis es correcta, se espera la ausencia de diferencias significativas en las estaturas reales y las estaturas estimadas de los voluntarios, tanto a través de estimaciones basadas en la ecuación original de Carrea como con ecuaciones ajustadas a partir de los datos específicos de la muestra.

3.2. Objetivos

3.2.1. Objetivo general

Evaluar el método matemático desarrollado por Carrea en población chilena de Santiago y demostrar si es un método útil para predecir la estatura de la muestra. En caso de que lo sea, generar una ecuación mejorada y ajustada a la población específica que permita predecir con mayor exactitud la estatura.

3.2.2. Objetivos específicos

1. Evaluar error intraobservador para cada variable del índice de Carrea.
2. Estimar estaturas de los participantes a través del método original de Carrea.
3. Comparar resultados reales y obtenidos a partir de la medición dentaria procesada a partir de la ecuación original.
4. Describir la significancia estadística de los aciertos y/o errores del método original para ambas mediciones.
5. Desarrollar una ecuación mejorada para población adulta chilena de Santiago que utilice las medidas más predictoras de entre las utilizadas por la ecuación original de Carrea.
6. Desarrollar alternativamente ecuaciones mejoradas para dos situaciones osteológicas: ecuaciones izquierdas y derechas independientes para cuando sólo se tenga un lado de la mandíbula, y una ecuación que utilice sólo la medida del arco para cuando sólo se tengan incisivos y caninos sueltos o descontextualizados de su alvéolo.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Muestra utilizada

El estudio se realizó en 100 modelos de yeso tomados de habitantes de la ciudad de Santiago de ambos sexos, entre los 18 y 30 años. Para lograr significancia estadística y que el estudio no se viese afectado por efectos de dimorfismo sexual o edad, cada segmento etario comprendió 10 voluntarios, cinco mujeres y cinco hombres.

La definición del rango etario de la muestra fue tomada para evitar variaciones sujetas al crecimiento dental y al desgaste propio de la edad. Se tomó el rango inferior de 18 años por dos razones: la mayoría de edad legal en Chile, lo que permite a los voluntarios participar de la investigación sin requerirse un consentimiento de los padres; y por el término, en norma general, del desarrollo dentario de las piezas anteriores, por lo que la forma de la arcada no variaría luego de esa edad. Respecto de la erupción del tercer molar, fijado genéricamente en los 18 años pero retrasado hasta la adultez o incluso con anagenesia, éste no influye grandemente en la constitución de la arcada dental, por lo que su aparición en la cavidad bucal no constituiría un problema. El rango superior de edad, 30 años, se fijó para prevenir los procesos de desgaste y enfermedades periodontales que subyacen al envejecimiento y que haría más difícil la búsqueda de voluntarios.

Debido a que se ha visto que las desviaciones de la disposición de las piezas en la arcada dentaria inferior afectan la proporcionalidad (Cavalcanti *et al.* 2007; Lima *et al.* 2011) y, por ende, inciden en el resultado que el Índice de Carrea entregue, se aceptaron solamente voluntarios con una disposición dentaria normal, excluyéndose a aquellos que, en la arcada inferior, hubiesen tenido ortodoncia, restauraciones o presentaran en el momento caries o enfermedad periodontal en piezas anteriores, rotación de los incisivos centrales (winging), apiñamiento, piezas montadas y diastema.

4.2. Metodologías

4.2.1. Moldes dentales

Los moldes dentales fueron obtenidos por impresiones dentales tomadas sobre Alginato Dentsply Jeltrate Chromatic® de fraguado normal y con un positivo de

yeso piedra de uso dental Tipo IV Densite®. En odontología, el alginato es un hidrocoloide irreversible que se utiliza en la toma de impresiones para obtener modelos de estudio y la confección de prótesis y aparatología removible; mientras que el yeso es un material cerámico que se utiliza para la obtención de modelos de estudio y para la confección de prótesis fija y removible, y aparatos de ortodoncia. Para tales fines existen diferentes tipos de yesos: taller, piedra y densita. Para efectos de esta investigación se utilizará yeso piedra. Para la preparación y manipulación del alginato y yeso en la toma de las impresiones estudiadas se siguieron los pasos descritos en el Anexo C.

4.2.2. Medición de la estatura

La estatura de los participantes se midió con un estadímetro portátil Seca 274®. Se midió a los voluntarios de pie, descalzos y con la cabeza en posición de Frankfurt apoyada en un cursor de 90° en relación a la escala métrica (Anexo C). Todas las medidas fueron tomadas en el período de la mañana por la investigadora y un(a) colaborador(a) que corroboró las mediciones.

4.2.3. Medición de arco y radio-cuerda

Las medidas dentales (Figura 1) se tomaron de acuerdo al método modificado por Cavalcanti *et al. op cit.* utilizando un calibre digital Red Line Mechanics® sobre el molde.

4.2.4. Programa estadístico

El programa de análisis se dividió en tres partes:

- Medición de la estatura real, que se obtuvo a partir de medidas in vivo con un estadímetro, con el voluntario de pie, en posición anatómica y sin zapatos.

- Pruebas de confianza, con las que se buscó analizar y estimar el error intraobservador que pudo haber existido. Para su estimación, se relevaron los datos de una submuestra del 10% del total (10 mandíbulas), construida a partir del azar, dos veces en momentos distintos, con quince días de diferencia. Se evaluaron los datos a través del coeficiente de correlación concordancia de Lin, aceptándose un grado de concordancia de moderado a sustancial ($\rho > 0,9$).

- Procesamiento de datos: éstos se procesaron con el programa R-Studio®, con el que se hicieron análisis descriptivos e inferenciales a través de métodos estadísticos específicos: coeficiente de correlación de Pearson, test de Shapiro-Wilk, test de Bartlett y regresiones lineales. Se aceptó un margen de error en los test estadísticos del 5%.

5. RESULTADOS

5.1. Error intraobservador

Los datos obtenidos por las investigaciones en ciencias presentan diferentes fuentes de variación, tales como la variabilidad propia del objeto de estudio y aquella introducida por el sujeto (por tiempos diferenciales de experiencia, entrenamiento, estado de ánimo), por la definición de los rasgos a relevar (ambigüedad versus precisión del dato) y por los instrumentos empleados. Además, una parte de esta variabilidad es considerada como error de medición, entendiéndose como la diferencia entre medidas repetidas de una misma variable (González *et al.* 2004). En este sentido, el error intraobservador corresponde a las diferencias encontradas en los resultados de dos evaluaciones, aplicadas a un mismo material por un mismo investigador bajo las mismas condiciones pero en momentos distintos. La evaluación del error intraobservador es necesaria pues representa la capacidad de replicar un análisis, considerando que cualquier réplica efectuada debe ser precisa, efectiva y objetiva (González *et al. op cit.*, Marambio 2011).

El error intraobservador de esta investigación se calculó a través del coeficiente de correlación de concordancia de Lin. Lin demostró que este método para evaluar la reproducibilidad de las mediciones es superior a otros métodos que se usan con propósitos similares, como la comparación de los coeficientes de variación, pruebas de t pareadas, análisis de regresión, análisis de correlación de Pearson y el análisis de correlación intraclase. Además, las pruebas de hipótesis para comparar coeficientes son robustas, aun con tamaños de muestra tan pequeños como $n = 10$ (Camacho-Sandoval 2008). No se hallaron diferencias significativas ($p > 0,9$) para las mediciones de radio-cuerda y diámetros dentales de incisivos central, lateral y canino; los resultados indicaron un alto grado de coincidencia entre las observaciones realizadas, lo que permitió rechazar la hipótesis de nulidad en donde las semejanzas están dadas por el azar (Tabla 1).

	Medición 1	Medición 2	Medición 3
radio-cuerda	0,98	0,915	0,91
incisivo central	0,919	0,92	0,915
incisivo lateral	0,926	0,99	0,916
canino	0,996	0,918	0,901

Tabla 1. Coeficientes de correlación concordancia de Lin para tres mediciones distintas de error intraobservador.

5.2. Evaluación del Índice de Carrea

Las medidas dentales obtenidas dieron lugar a cuatro estimaciones que fueron posteriormente comparadas con la estatura real de cada individuo. Los grupos corresponden a:

- *estatura.der*, agrupando las mediciones hechas a partir del radio-cuerda del hemiarco mandibular derecho.
- *est.max.der*, agrupando las mediciones hechas a partir del arco del hemiarco mandibular derecho.
- *estatura.izq*, agrupando las mediciones hechas a partir del radio-cuerda del hemiarco mandibular izquierdo.
- *est.max.izq*, agrupando las mediciones hechas a partir del arco del hemiarco mandibular izquierdo.

Cada grupo fue comparado con la estatura real de los individuos usando la correlación de concordancia de Pearson, obteniéndose valores de correlación cercanos a 1 en todos los casos (Anexo D).

	Derecho		Izquierdo	
	Radio-cuerda	Arco	Radio-cuerda	Arco
Estatura real	0,91008594	0,85031328	0,87988418	0,86902182

Tabla 2. Resultados de la comparación de medidas contra estatura real según correlación de concordancia de Pearson.

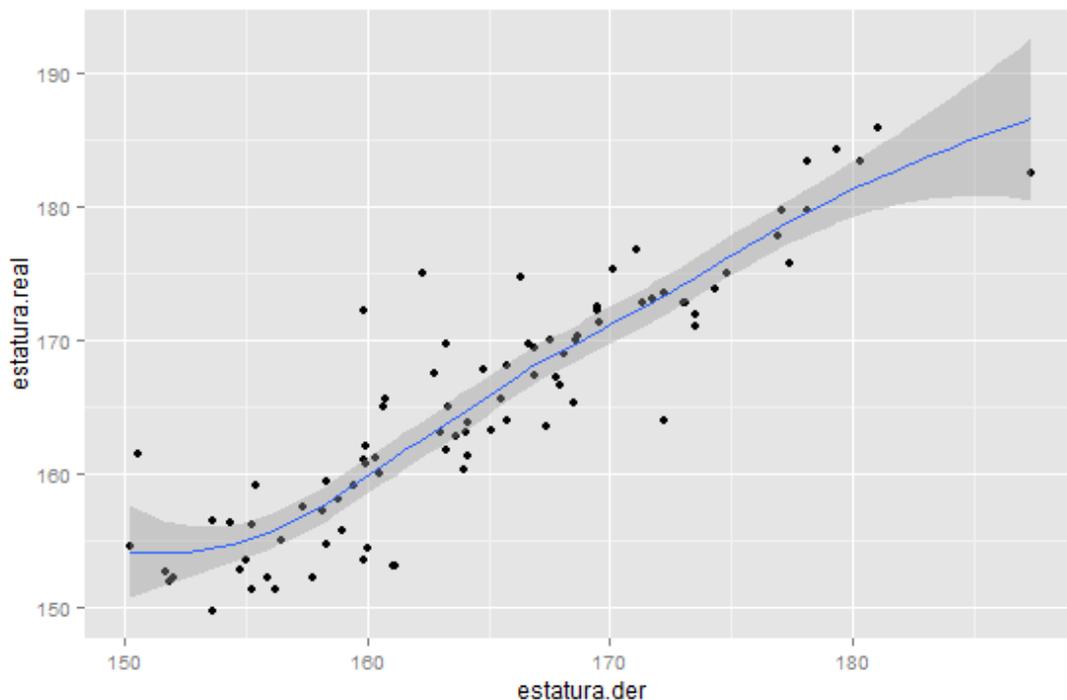


Gráfico 1. Distribución e intervalo de la estatura real versus estatura.der (radio-cuerda derecho) por ecuación original de Carrea.

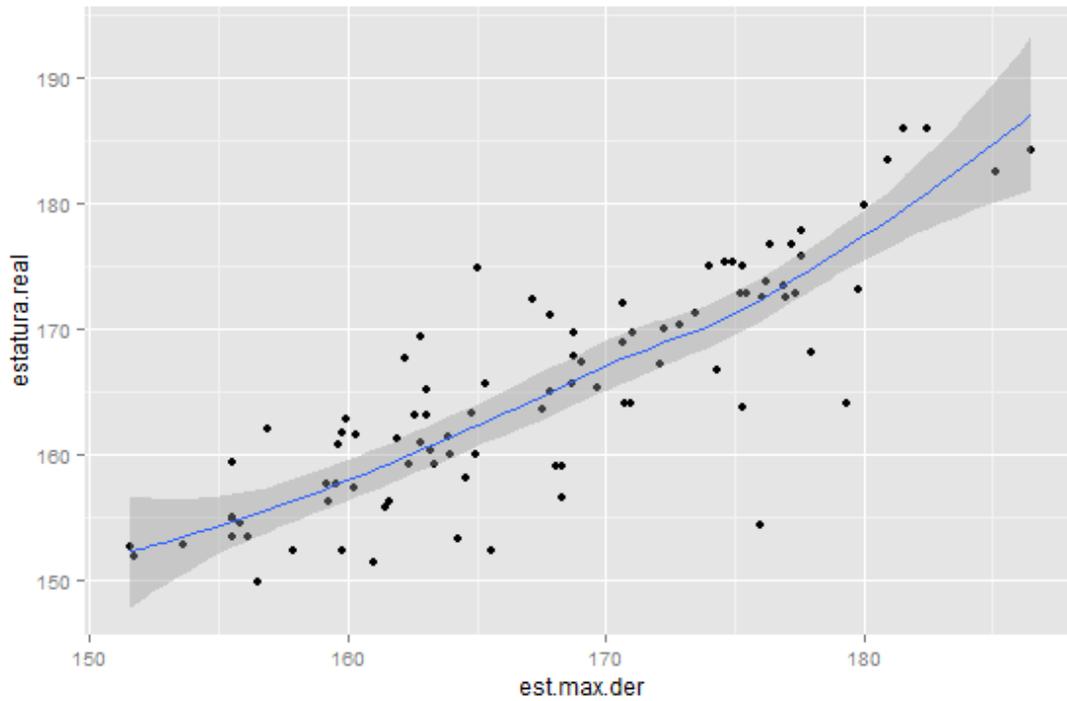


Gráfico 2. Distribución e intervalo de la estatura real versus est.max.der (arco derecho) por ecuación original de Carrea.

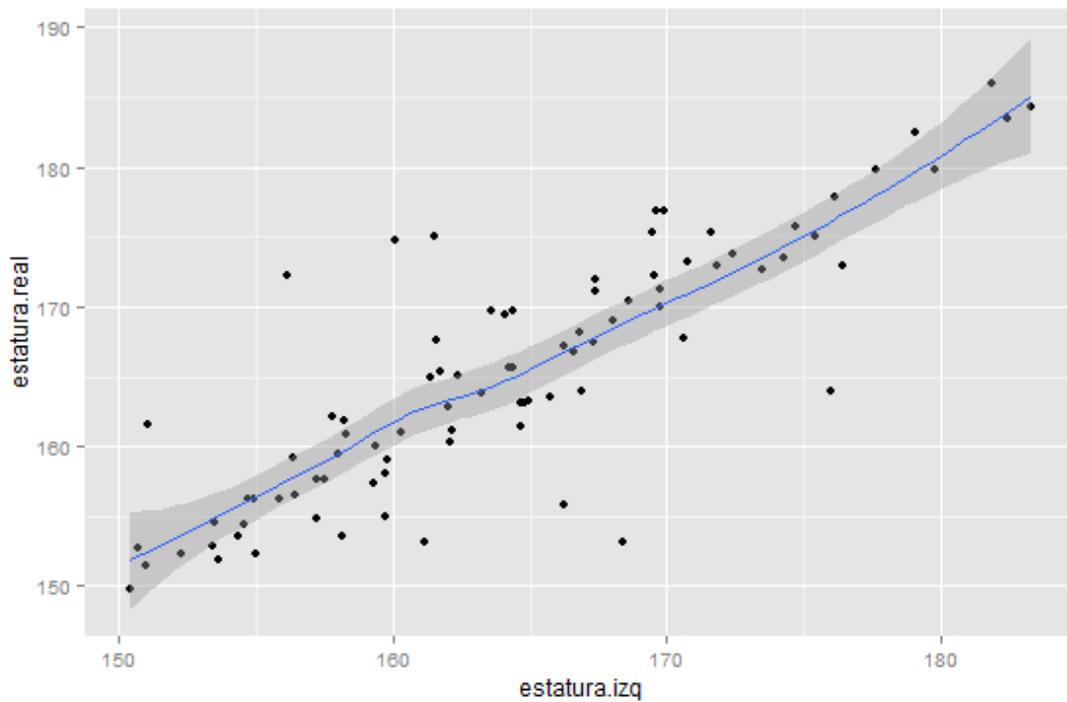


Gráfico 3. Distribución e intervalo de la estatura real versus estatura.izq (radio-cuerda izquierdo) por ecuación original de Carrea.

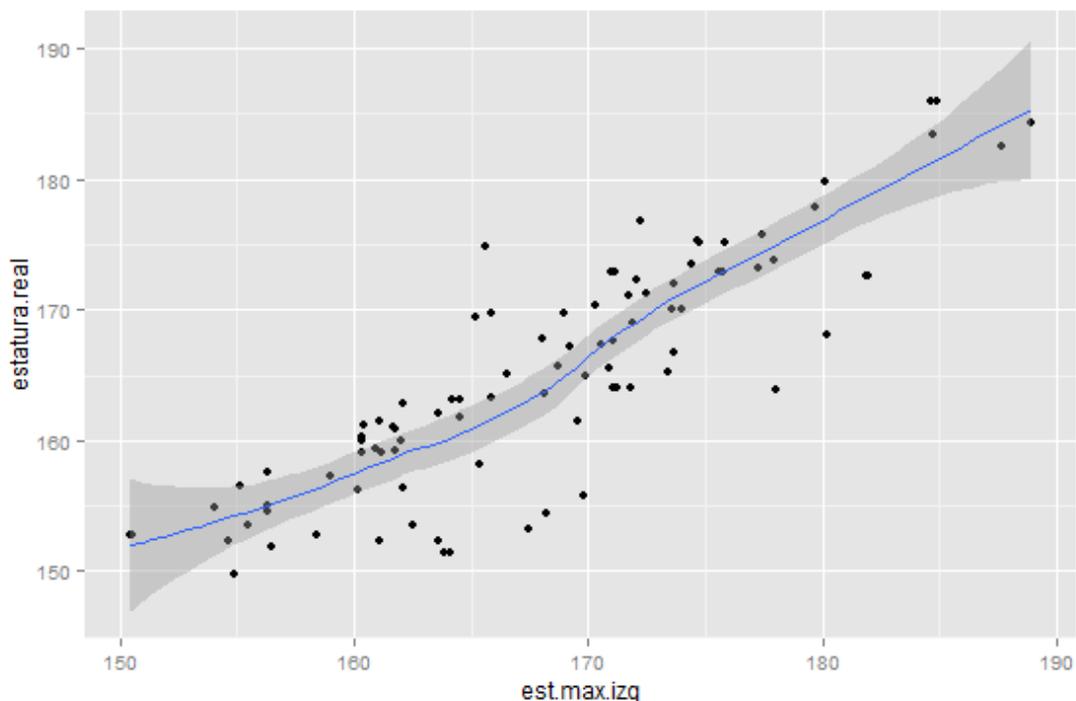


Gráfico 4. Distribución e intervalo de la estatura real versus est.max.izq (arco izquierdo) por ecuación original de Carrea.

Los valores del coeficiente de determinación R^2 calculados para cada grupo muestran porcentajes de acierto de entre el 72 a 83% (est.max.der 72%, est.max.izq 76%, estatura.izq 77%, estatura.der 83%). Es decir, la concordancia de las mediciones hechas a partir de los radio-cuerda fueron mayores que las hechas para los arcos, lo que contrasta por lo afirmado por el autor, quien ligó la medición del arco a una mayor exactitud de la predicción. No obstante, este resultado está en concordancia con estudios hechos con posterioridad a lo expuesto por Carrea (Cavalcanti *et al.* 2007; Lima *et al.* 2011).

Luego, se segregaron las medidas por individuos masculinos (37) y femeninos (63), aplicándose correlación de concordancia de Pearson a cada set de datos por separado. Se encontró que todos los valores de R^2 disminuyen, manteniéndose de todas maneras la mayor precisión en las estaturas predichas a partir del radio-cuerda.

Estatura real	Derecho		Izquierdo	
	Radio-cuerda	Arco	Radio-cuerda	Arco
Mujeres	0,8121972	0,7008404	0,6278664	0,7359329
Hombres	0,8299136	0,6533116	0,8004907	0,7521936

Tabla 3. Resultados de la comparación de medidas contra estatura real segregadas por sexo según correlación de concordancia de Pearson.

Cabe destacar que tanto en mediciones segregadas por sexo como en la totalidad de la muestra, la estatura predicha a partir del radio-cuerda del hemiarco mandibular derecho mostró la mayor concordancia con la estatura real de los individuos; sin embargo, esta observación carece de importancia real pues está hecha a partir de correlaciones de estimaciones de estatura, no de las mediciones dentales originales versus la estatura real. Una buena correlación entre las estimaciones finales y la estatura real son una primera aproximación al problema, pero se hace necesario analizar las mediciones dentales crudas para generar una ecuación acotada para los datos.

Al encontrarse significancia estadística entre las mediciones hechas a partir de la ecuación original y la estatura real de los participantes, se evaluaron los supuestos básicos para construir una regresión lineal a partir de las mediciones dentales originales. En primer lugar, se buscó la presencia de valores atípicos (outliers), pues éstos pueden afectar severamente la normalidad y homogeneidad de la varianza y/o pueden ser indicativos de datos que pertenecen a una población diferente del resto de la muestra establecida. Se analizaron los datos a través de la distancia de Mahalanobis para determinar la similitud entre variables aleatorias multidimensionales. Se encontró que la presencia de outliers en la muestra no es significativa y no afecta la conducción de test no paramétricos sobre los datos (Gráfico 5).

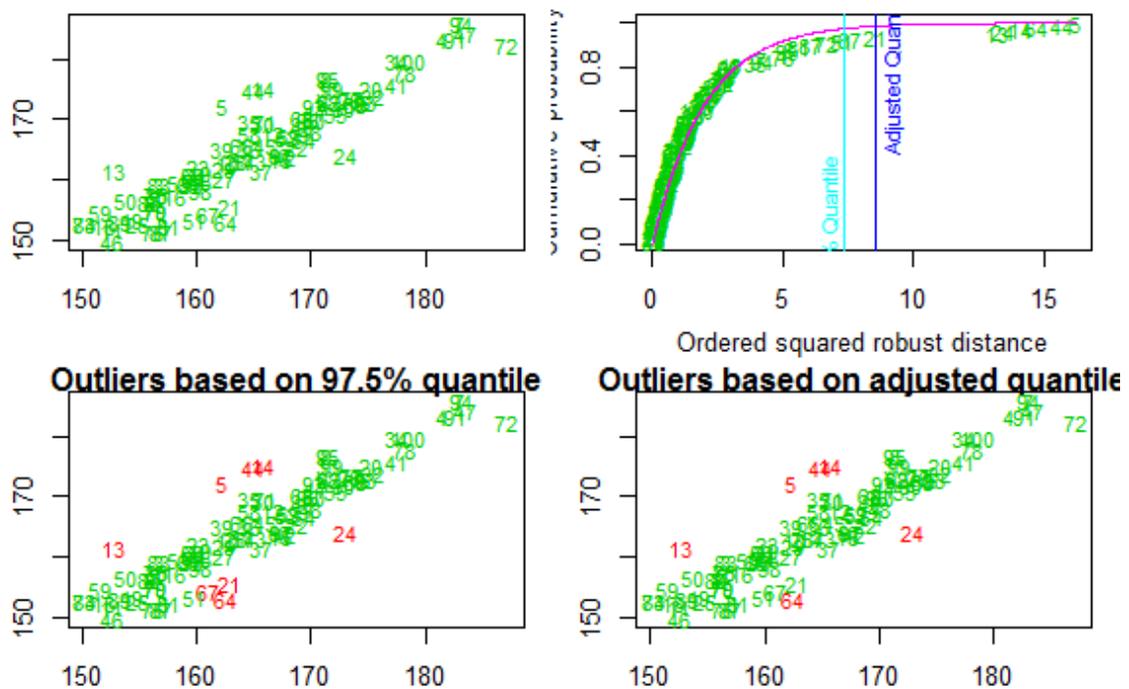


Gráfico 5. Presencia de outliers en la muestra según distancia de Mahalanobis.

En segundo lugar, para comprobar la normalidad multivariada, que se asume pero debe ser comprobada, se utilizó el gráfico Q-Q y el test de Shapiro-Wilk. Se analizaron por separado las cuatro estimaciones hechas a partir de radio-cuerda, derecho e izquierdo, y arco, derecho e izquierdo. En todos los casos, W fue pequeño y permitió rechazar la hipótesis nula, confirmando la distribución normal de los datos ($p > 0,05$) (Gráfico 6).

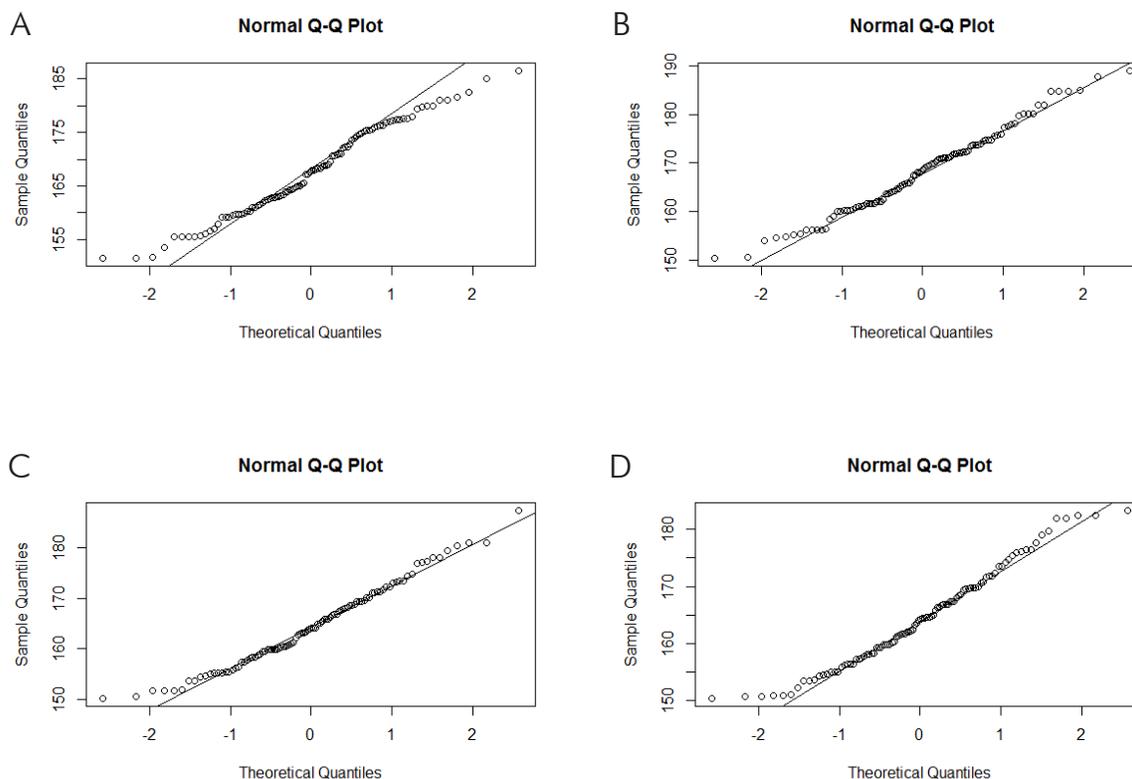


Gráfico 6. Normalidad de las variables según gráfico Q-Q (A. arco derecho, B. arco izquierdo, C. radio cuerda derecho, D. radio cuerda izquierdo)

En último término, se calculó la homocedasticidad (homogeneidad de la varianza), que se presenta cuando la varianza del error de la variable endógena se mantiene a lo largo de las observaciones. Se analizaron los datos con el test de Bartlett, encontrándose que es imposible negar la hipótesis nula (p -valor = 0,9114) por lo que se asume que existe homogeneidad de las varianzas (Gráfico 7).

El cumplimiento de estos supuestos básicos, a partir de estimaciones hechas con las medidas tomadas y procesadas bajo las ecuaciones originales de Carrea, hace suponer que, a pesar de no contar con la mayor precisión para población adulta chilena de Santiago, es posible utilizar la ecuación original con cierto grado de libertad.

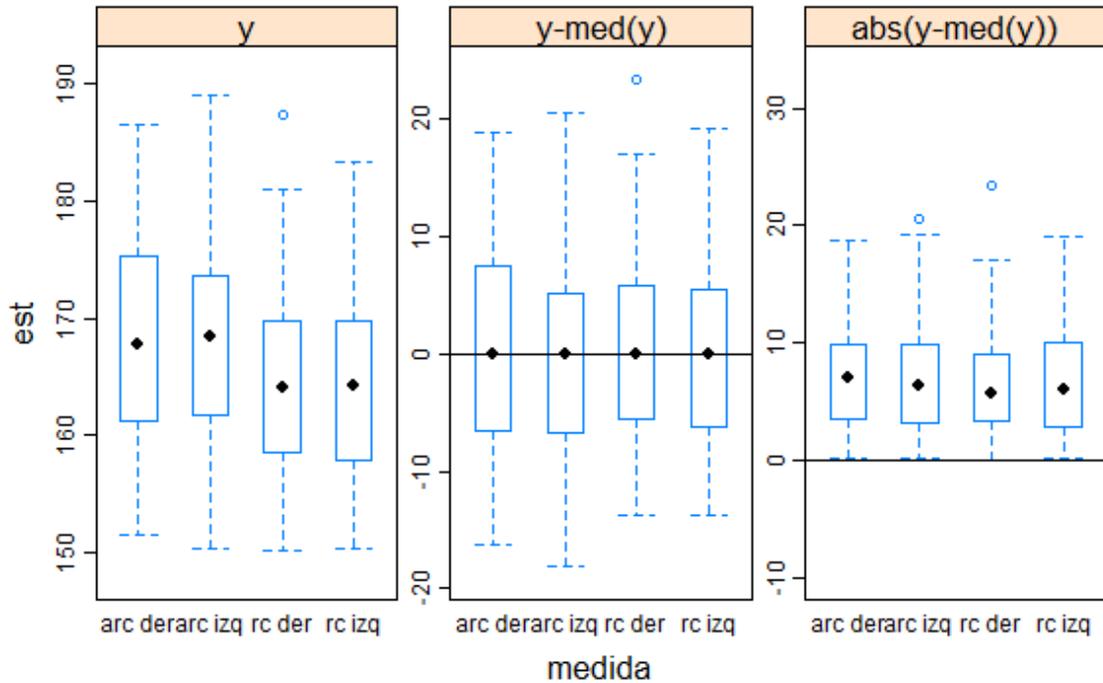


Gráfico 7. Cajas muestran homogeneidad de las varianzas según test de Bartlett.

Sin embargo, el objetivo de esta investigación suponía la creación de una ecuación mejorada y ajustada a población adulta chilena de la capital, por lo que, una vez probada la eficacia de la ecuación original, se dejó de lado para trabajar sobre los datos de mediciones dentales, utilizando dicha información para la creación de ecuaciones nuevas para la población muestral de esta investigación.

5.3. Desarrollo de ecuaciones ajustadas

Se generaron ecuaciones mejoradas independientes para mediciones de arco y radio-cuerda derechos e izquierdos, como una forma de ayudar en la investigación de restos óseos fragmentados o que no permitan la utilización total de la mandíbula para estimar estatura. Las ecuaciones resultantes combinan ambas medidas, arco y radio-cuerda, por lo que no son utilizables en contextos donde se tengan dientes descontextualizados de su respectiva mandíbula. Siendo RC la medida del radio-cuerda y A la medida del arco, las ecuaciones desarrolladas fueron:

$$\text{Estatura lado derecho} = (\text{RC} \times 76,7421) + (\text{A} \times 2,3761) - 11,0128$$

$$\text{Estatura lado izquierdo} = (\text{RC} \times 31,315) + (\text{A} \times 6,105) + 1,896$$

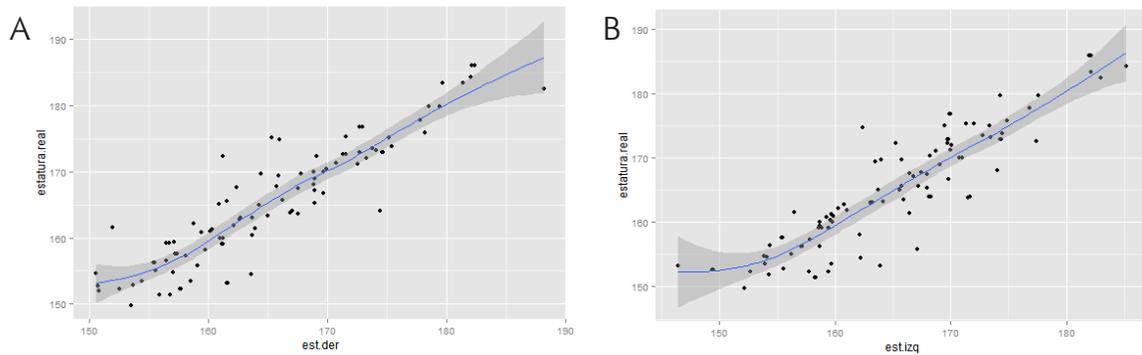


Gráfico 8. Distribución e intervalo de la estatura real versus estatura estimada derecha (A) e izquierda (B) por ecuaciones ajustadas para cada lado.

Las ecuaciones diferenciadas por lado arrojaron porcentajes de acierto del 84% para el lado derecho y 82% para el lado izquierdo (Pearson de $r = 0,9168624$ para arco derecho y $r = 0,9033164$ para arco izquierdo) (Gráfico 8 y Anexo D).

Para casos en los que sólo se posean dientes descontextualizados, se desarrollaron dos ecuaciones representando la medida del arco, construido a partir de la suma de los diámetros medio-distales del incisivo central, incisivo lateral y canino inferior medidos por su cara vestibular. Estas ecuaciones sólo son utilizables cuando se tienen los tres dientes en buen estado.

$$\text{Estatura arco derecho} = (\text{medida del arco} \times 8,7928) + 8,76$$

$$\text{Estatura arco izquierdo} = (\text{medida del arco} \times 8,7511) + 9,0528$$

A pesar de ser ecuaciones de utilidad para contextos fragmentarios, es importante tener en cuenta que son aproximaciones menos precisas pues sólo utilizan

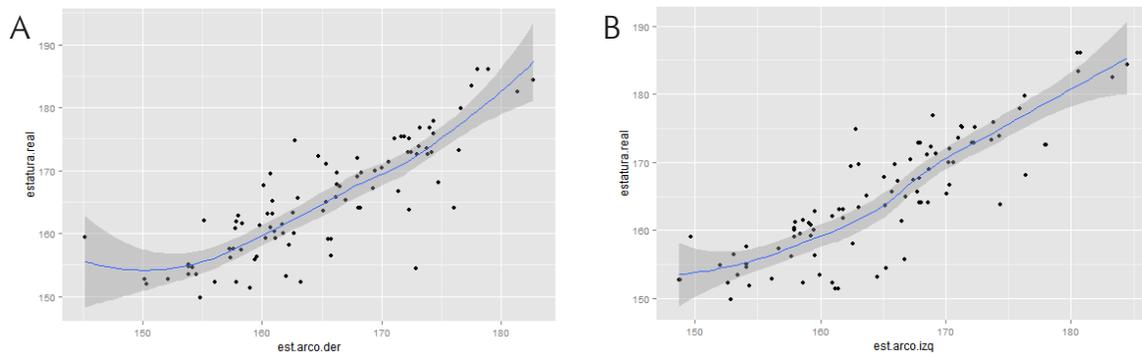


Gráfico 9. Distribución e intervalo de la estatura real versus estatura estimada a través del arco derecho (A) y arco izquierdo (B) por ecuaciones ajustadas para cada lado.

una medida de las cuatro concebidas originalmente, encontrándose porcentajes de acierto menores, de 70% para el arco derecho y 75% para el arco izquierdo (Pearson de $r = 0.8386792$ para arco derecho y $r = 0.863196$ para arco izquierdo) (Gráfico 9 y Anexo E).

Finalmente, para construir una ecuación significativa estadísticamente y lo más precisa posible, se realizó una regresión *stepwise* de eliminación bidireccional. Esta regresión identificó 3 de las 4 medidas (radio-cuerda derecho, radio-cuerda izquierdo y arco izquierdo) como significativas y predictoras, dejando fuera una de ellas (arco derecho). Se logró construir la ecuación siguiente, siendo RCD la medida del radio-cuerda derecho, RCI la medida del radio-cuerda izquierdo y AI la medida del arco izquierdo:

$$\text{Estatura} = (\text{RCD} \times 55,8912) + (\text{RCI} \times 16,6796) + (\text{AI} \times 2,7163) - 9,7754$$

Esta nueva ecuación permitió predecir de forma precisa el 89% de las estaturas reales con un intervalo de confianza del 96% (Pearson de $r = 0.9433558$) (Anexo F). Adicionalmente, una vez que se agregó un sigma de 3,518 cms (residual standard error) a la ecuación, ésta fue capaz de aumentar su capacidad de predicción al 93% (Pearson de $r = 0.9664748$) de los casos (Gráfico 10).

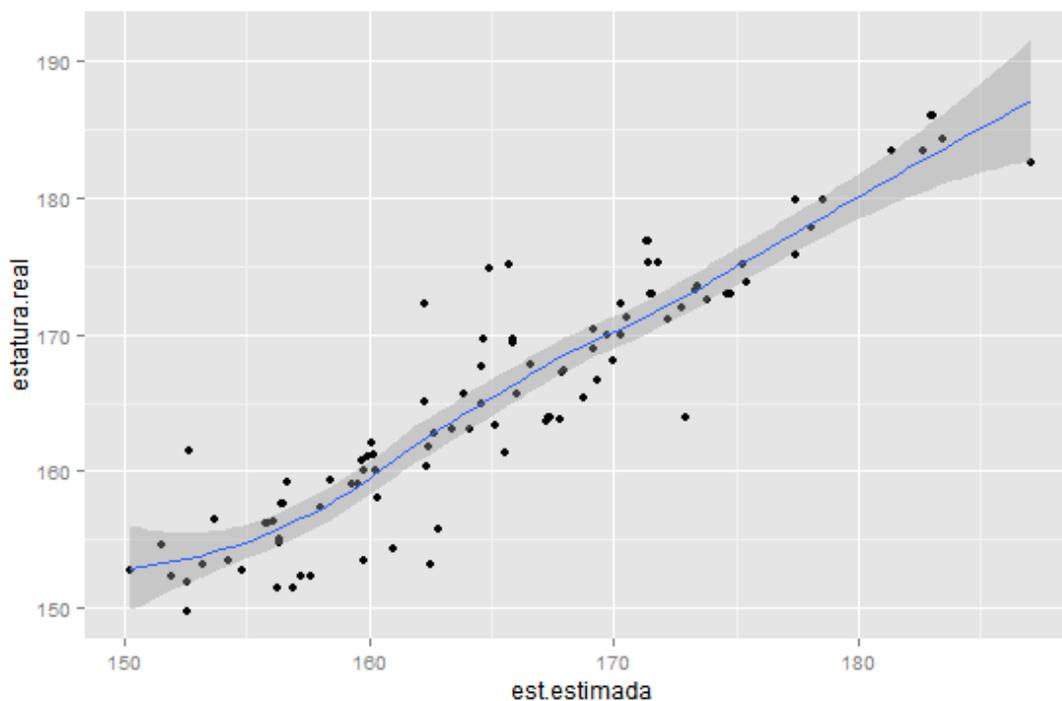


Gráfico 10. Distribución e intervalo de la estatura real versus estatura estimada por ecuación ajustada.

6. DISCUSIÓN

Cuando, entre 1920 y 1939, Carrea llevó a cabo su estudio de las proporciones corporales a fin de encontrar una forma de estimar la estatura de una persona a partir de sus dientes, el análisis y desarrollo de sus ecuaciones fueron desestimados y no tomados demasiado en cuenta, posiblemente porque el desarrollo de esta metodología se hizo en Argentina cuando aun Sudamérica no figuraba en las esferas intelectuales que dictaban las técnicas y principios de la antropometría. Poco después, en 1952, Trotter y Gleser crearon tablas para estimar la estatura de estadounidenses caucásicos y afroamericanos, separando por sexo y ancestría, a partir de restos esqueléticos de la Colección Terry y de esqueletos de individuos muertos durante la guerra. Las tablas que generaron están aun en uso, no sólo porque son eficientes y concisas, sino también porque son un precedente histórico en la estimación de la estatura. No obstante, tal como han evidenciado varios estudios hechos a partir de huesos largos, las tablas de Trotter y Gleser (y todos los métodos mejorados a partir de su estudio) no se constituyen como un buen indicador de población sudamericana, cuyo mestizaje ha sido significativo y diferencial en cada uno de los países que la componen. De esta forma, el rescate de investigaciones hechas a partir de población ancestralmente más similar a la chilena es importante no sólo como una forma de validación, sino también de acercamiento a la precisión necesaria para estimar uno de los pilares de los antecedentes biológicos.

En la misma línea, a través de la realización de esta investigación, se coincide con otros estudios (Abarca 2011) en que es necesario reevaluar el concepto de «población chilena» y los límites que esa definición marca en el grupo estudiado de habitantes de la ciudad de Santiago. De esta forma, los cambios seculares durante el siglo pasado presentaron un problema teórico al iniciar la aproximación al trabajo. A través del mejoramiento de la alimentación y salud, de los recursos en general y de las condiciones de la vida, en grandes partes del mundo aumentó la talla de la población. Los resultados de esta investigación, apoyados en una encuesta tendiente a verificar el nivel nutricional, socioeconómico y la ancestría de los sujetos de prueba, no son por sí mismos capaces de sugerir ningún cambio secular dentro de la población, por lo que se asume que, para efectos prácticos, probablemente no hubo cambios genéticos significativos en la población de Santiago durante los últimos 50 años (Leiva 2011).

A pesar de que en sí mismo el concepto de población chilena es dudoso, es utilizado aquí como una forma de aglutinar una población específica pues, debido a la variabilidad que caracteriza a los distintos grupos humanos, es importante testear la efectividad de los métodos para crear el perfil biológico de los individuos en el grupo particular con el que se trabaja. Por lo general, es preciso modificar y ajustar los estándares para utilizar dicho método en la población a analizar (Marambio 2011). Es importante considerar que los estándares proporcionados como un ajuste y mejora del método por esta investigación son aplicables sólo a población de Santiago que, a pesar de tener una variación en sí misma, funciona como un grupo acotado dentro del país. Asimismo, se desaconseja la utilización de estas nuevas ecuaciones en análisis de osamentas prehistóricas pues es muy posible que las estimaciones no sean estadísticamente precisas al ser la estatura un rasgo complejo, influenciado por factores genéticos y ambientales, y asociado a factores socioeconómicos, psicosociales y a indicadores de salud (Abarca 2011). En el caso que se utilicen como estimador de estatura de población arqueológica, se recomienda encarecidamente que se explicita la posibilidad de error en las conclusiones de dichos análisis.

También es importante criticar la excesiva confianza de Carrea en los estudios previos hechos sobre proporcionalidad que basan sus análisis y conclusiones sobre la proporción áurea. Aunque es innegable que existen patrones de proporcionalidad que dirigen el crecimiento y desarrollo de las estructuras corporales, que permiten predecir con cierta eficacia los procesos y cambios que sufren estas estructuras, es importante tener en cuenta que el paradigma de la ciencia en las décadas del '20 y '30 no suponía la inclusión de las variaciones dentro de las poblaciones de la misma forma en que se cotejan hoy en día. Por ello, se hace necesario notar que la base de las observaciones de Carrea para crear su ecuación no están entendidas desde la modernidad, sino desde una mirada coyuntural de la ciencia. Esta mirada no incluía individuos fuera de una norma anatómica y odontológica considerada canónica y estéticamente ideal, por lo que los análisis de Carrea dejan fuera la variabilidad de la anatomía humana. En alguna medida, esta homogeneidad de las variables influyó en que su metodología no pueda ser usada de la forma original en que fue planteada y deba ajustarse no sólo a la población específica a estudiar sino también a las distintas disposiciones anatómicas que presenta el universo de casos.

Por lo anterior, es perentorio señalar que esta investigación incurrió en un

sesgo de normalidad y que, por tanto, no representa a la totalidad del universo de los casos que pueden encontrarse en la población estudiada; todos los sujetos de la investigación poseían características dentales específicas que excluyeron el uso actual o pasado de ortodoncia, la presencia de caries o enfermedades periodontales en dientes delanteros, la presencia de diastema, apiñamiento y/o rotación en incisivos y caninos. Esto significa que se trata de una muestra reducida dentro de un universo extenso de sujetos con arcadas que salen de la normalidad pero que corresponden a la mayoría de la población. De este modo, se entiende que los resultados de esta investigación deben ser contrastados con investigaciones futuras que tomen en consideración los distintos grupos de arcadas. La investigación futura de estos grupos excluidos en el presente estudio sería ideal y pertinente para la contrastación de los resultados entregados aquí, ayudando a la aceptación y uso de este método en la academia chilena.

En términos de la realización de la investigación, se pueden mencionar los problemas teóricos que subyacen a la toma de las estaturas en los sujetos del ensayo y los cambios de la talla durante el día, que afecta hasta 5 cms en la medida por la compresión de los discos del cartílago, o durante la vida (Rodríguez Cuenca 1999). En casos forenses, la manera usual de tomar la estatura es en base a cadáveres colgados, un método que agrega unos centímetros adicionales al valor real. En esta investigación, ya que se contó con individuos vivos, se hicieron todas las mediciones en horas de la mañana, tratando de minimizar el efecto del paso del día sobre los cartílagos intervertebrales y maximizar la precisión del estudio.

Cabe destacar que, luego de medir al individuo y como forma de distender el ambiente, se les preguntaba a los voluntarios cuánto creían que medían. Se constató, a través de las mediciones, que los voluntarios hombres solían sobreestimar su estatura; el 70% de ellos dijo medir 2 a 5 cms más de lo que medían en verdad; el 20% sobreestimó su altura en 0 a 1,9 cm, y el 10% se acercó a la cifra exacta o dijo categóricamente que no lo sabía. Este fenómeno ha sido estudiado por psicólogos, sociólogos y antropólogos sociales y lo reconocen como un fenómeno más frecuentemente visto en varones. En 2002, un estudio conducido por Byers sobre documentos oficiales estadounidenses como cédulas de identidad y licencias para conducir constató que los hombres sobrestiman su altura más que las mujeres, pero que ellas también sobrestimaban su estatura, aunque en menor grado. La investigación

también permitió reafirmar otro hallazgo del estudio de Byers: la gente alta (de más de 1,70 m de altura) estima, en términos generales, su estatura más exacta que personas bajas (de menos de 1,60 m de altura).

Los métodos aquí presentados, además, muestran una distribución normal de los datos, por lo que, como generalmente sucede en metodologías similares, se sobreestiman las estaturas menores (< 1.55 m) y se subestiman las estaturas mayores (> 1.80 m). Esta problemática, que es parte de la gran mayoría de los estimadores de estatura y otros rasgos, implica que el análisis de las variables más lejanas a la media tenderá a tener más error y a ser menos predictiva de lo que se espera. No obstante esto, se probó que la significancia estadística de las ecuaciones proporcionadas permiten estimar estaturas relativamente ajustadas (utilizando el sigma descrito) sin que ello signifique un problema de cuidado en las variables extremas.

Finalmente, y como dato anexo, se encontraron 6 casos en los que la arcada presentaba un leve diastema. Los moldes fueron medidos y utilizados a pesar de existir

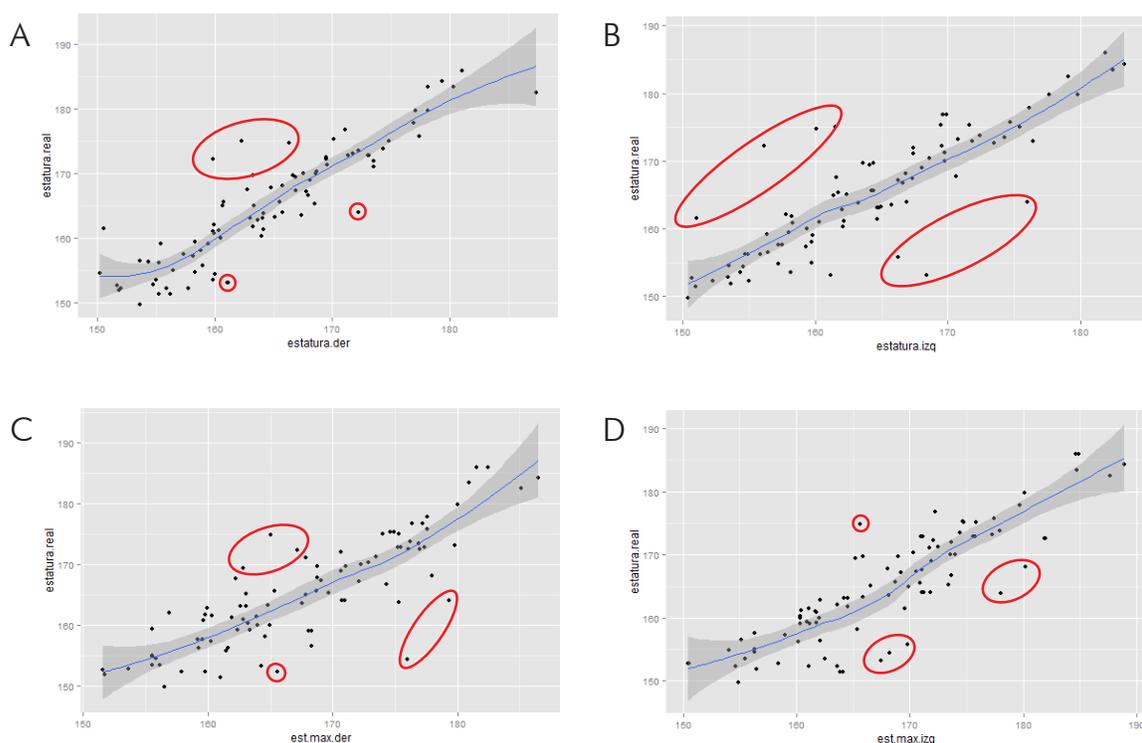


Gráfico 11. Outliers con diastema en estatura real versus estatura.der (radio-cuerda derecho) (A), estatura real versus estatura.izq (radio-cuerda izquierdo) (B), estatura real versus est.max.der (arco derecho) (C) y estatura real versus est.max.izq (arco izquierdo) (D).

ese espacio interdental, pero eventualmente se les separó de la muestra para analizar si el diastema influía en las mediciones del radio-cuerda. Los primeros análisis hechos sobre estos moldes no consideraron el diastema en ellos, restándole a la medida de radio-cuerda el espacio real del diastema. Estos datos fueron utilizados de esa forma en los análisis preliminares que buscaban probar la eficacia estadística de la ecuación original de Carrea. Los seis casos mencionados aparecieron como outliers dentro de la tendencia de la curva en todos los casos (Gráfico 11).

Se encontró que las estimaciones de estatura fueron más precisas tomando en cuenta el diastema; es decir, midiéndolo como parte del radio-cuerda. Estas nuevas mediciones fueron hechas al margen de los resultados finales y fueron incluidas finalmente en el proceso de desarrollo de la ecuación mejorada de esta publicación. Sin embargo, dada la pequeña cantidad muestral que presentó este rasgo, es imposible definir una significancia estadística para la inclusión o no del diastema en la medición.

7. CONCLUSIONES

El objetivo de esta investigación fue evaluar la pertinencia y precisión en la utilización del Índice de Carrea como metodología para estimar estatura de población adulta de Santiago a través de mediciones dentales del arco y el radio-cuerda mandibular. Se utilizó una muestra de 100 moldes de yeso de la arcada inferior, cada una pareada con la estatura real del participante, medida durante la mañana y con el mismo estadímetro. De acuerdo a la metodología puesta a prueba en esta investigación, el análisis de los resultados obtenidos y de su discusión, es pertinente sugerir que:

- El Índice de Carrea, con sus ecuaciones original («Estatura mínima») y modificada («Estatura máxima»), tiene un porcentaje de acierto satisfactorio (de 72 a 83%) para estimar estatura en población chilena de Santiago. No obstante, debido a que fue desarrollado para población argentina de las décadas de 1920-30, con distinto componente étnico, estado nutricional y sin considerar el crecimiento secular de la estatura, es pertinente desestimar su uso en población chilena de Santiago.

- Se crearon cinco nuevos modelos matemáticos aplicables a población chilena de Santiago que permiten estimar con cierto grado de precisión la estatura de la persona en vida. Las distintas ecuaciones, ya sea fragmentarias o que incluyan la mandíbula al completo, proporcionan una nueva forma de estimar estatura a partir de restos óseos con una precisión de entre el 70 y 93%, dependiendo de la ecuación utilizada.

- Se desarrollaron cuatro ecuaciones para muestras osteológicas fragmentarias, considerando dos situaciones: cuando la mandíbula presenta daños o fragmentación en un lado, considerando el lado opuesto como una estructura sana y sin patologías (ecuaciones de lado), y cuando sólo existen dientes descontextualizados o con alvéolos destruidos que no permiten su correcto posicionamiento en la mandíbula (ecuaciones de arco). Los porcentajes de acierto de estas cuatro ecuaciones menores fueron altos pero menos significativos que el logrado por la ecuación total de la investigación, siendo: 84% para la ecuación de lado derecho, 82% para la ecuación de lado izquierdo, 70% para la ecuación de arco derecho y 75% para la ecuación de arco izquierdo.

- La ecuación ajustada y mejorada total y final de esta investigación logró un acierto estadístico del 93% luego de incorporarse un sigma de 3,518 centímetros, por lo que se constituye como una buena metodología de estimación de la estatura de esta población en específico.

- Es importante recalcar que estas nuevas ecuaciones no deben ser utilizadas como única forma de estimación, sino que sirven de complemento a otras ya existentes que analizan mediciones de otros segmentos corporales.

De esta manera, se hacen necesarias investigaciones futuras que tomen en consideración los distintos tipos de arcadas y los problemas y patologías específicos que pueden presentar incisivos y caninos, debido a que el universo total de las variaciones anatómicas deben ser tomadas en consideración para desarrollar patrones y ecuaciones que puedan ser utilizados sobre toda la población y no sólo sobre aquellos con una normalidad odontológica. Se proyectan, entonces, al menos dos estudios necesarios: en un grupo con cambios artificiales en la arcada inferior (que hayan utilizado aparatos de ortodoncia) y en un grupo que presente cambios naturales en incisivos y caninos (apiñamiento, diastema, rotación, caries, enfermedad periodontal, entre otros).

BIBLIOGRAFÍA

- Abarca, Violeta. 2011. «Efectos de la nutrición sobre el Dimorfismo Sexual expresado en la Estatura (SSD) de una muestra de población Chilena Subactual». Memoria para optar al título de Antropólogo Físico. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Sociales. Departamento de Antropología.
- Alvesalo, L. 1971. «The influence of sex chromosome genes on tooth size in man». *Suomen Hammaslääkärikokouksen Toimituksia (Proceedings of the Finnish Dental Society)*, 67, 3–54.
- Amoric, M. 1989. «The golden number: applications to architectural and structural cranio-facial analysis». *Actual odontostomatology* 42 (1): 205-19.
- Bader, R. S. 1965. «Heritability of dental characters in the house mouse». *Evolution*, 19, 378–84.
- Bader, R. S. & Lehmann, W. H. 1965. «Phenotypic and genotypic variation in odontometric traits of the house mouse». *American Midland Naturalist*, 74, 28–38.
- Balkwill FH. 1866. «The best form and arrangement of artificial teeth for mastication». *Trans Odont Soc Great Britain*: 5: 133-58.
- Bernal, V. P. Gonzalez, S. Ivan Perez y M. Del Papa. 2004. «Evaluación del error intraobservador en bioarqueología». *Intersecciones antropol.* [online]. 2004, n.5 [citado 2013-09-04], pp. 129-140. ISSN 1850-373X.
- Bonwill WGA. 1885. «Geometrical and mechanical laws of articulation». Philadelphia: Transaction of Pennsylvania Odontological Society.
1899. «The scientific articulation of the human teeth as founded on geometrical, mathematical, and mechanical laws». *Dent Item Int.*: 21: 617-43, 873-80.
- Byers, S., Akoshima, K., y Curran, B. 1989. «Determination of Adult Stature from Metatarsal Length». *American Journal of Physical Anthropology* 79(3): 275-279.
- Cañadas, E. 2005. «Medicina Legal y Toxicología». 6ª edición. Barcelona, Masson.

- Cabré, José. 2009. «Anatomía dental y de la oclusión». La Habana: Editorial Ciencias Médicas.
- Camacho-Sandoval, Jorge. 2008. «Coeficiente de concordancia para variables continuas». *Acta méd. costarric* [online], vol.50, n.4, pp. 211-212. ISSN 0001-6012.
- Carrea, Juan Ubaldo. 1920. «Ensayos Odontométricos» (Tesis). Buenos Aires: Universidad Nacional de Buenos Aires.
1939. «Talla individual humana en función al radio-cuerda». *Ortodoncia* (6):225-227.
- Cavalcanti, A., D. Porto, A. Maia y T. de Melo. 2007. «Estimativa da estatura utilizando a análise dentária: estudo comparativo entre o método de Carrea e o método modificado». *Revista de Odontologia da UNESP* 36(4): 335-339.
- Comas, Juan. 1966. «Manual de Antropología Física». México: Fondo de Cultura Económica.
- Dempsey, P., Townsend, G. C., Martin, N. y Neale, M. 1995. «Genetic covariance structure of incisor crown size in twins». *Journal of Dental Research*, 74, 1389–98.
- Dirkmaat DC, Cabo LL, Ousley SD, y Symes SA. 2008. «New Perspectives in Forensic Anthropology». *Yearbook of Physical Anthropology* 51(1):33-52.
- Enlow DH. 1993. «Crescimento Facial». 3 ed. São Paulo: Artes Médicas Ltda.
- Gajardo, P., M. Gajardo, S. Torres, D. Zavando y I. Suazo. 2011. «Determinación de la estatura a partir del arco y radio-cuerda maxilar». *International Journal of Odontostomatology* 5(3): 267-269.
- Garn, S. M., Osborne, R. H., y McCabe, K. D. 1979b. «The effect of prenatal factors on crown dimensions». *American Journal of Physical Anthropology*, 51, 665–78.
- Gill, CTLA. 2001. «Proporção áurea craniofacial». São Paulo, Brasil: Editora Santos.
- González, P., V. Bernal, S. Pérez, M. Del Papa, F. Gordon y G. Ghidini. 2004. «El error de observación y su influencia en los análisis morfológicos de restos óseos

humanos. Datos de variación discreta». *Revista Argentina de Antropología Biológica*, Vol. 6, No1.

Goose, D. H. 1971. «The inheritance of tooth size in British families». En Dahlberg, A. A. (ed.), *Dental Morphology and Evolution*. Chicago: University of Chicago Press, pp. 263–70.

Goose, D. H. y Lee, G. R. T. 1971. «The mode of inheritance of Carabelli's trait». *Human Biology*, 43, 64–9.

Goose, D. H. y Roberts, E. E. 1982. «Size and morphology of children's teeth in North Wales». En Kurt' en, B. (ed.), *Teeth: Form, Function, and Evolution*. New York: Columbia University Press, pp. 228–36.

Hillson, Simon. 2005. «Teeth». *Cambridge University Press*.

1998. «Crown diameters, tooth crown development, and environmental factors in growth». En Lukacs, J. R. (ed.), *Human Dental Development, Morphology and Pathology: and Tribute to Albert, A. Dahlberg*. University of Oregon Anthropological Papers 54. Eugene: University of Oregon, pp. 17–28.

Holland, T. 1995. «Brief Communication: Estimation of Adult Stature from the Calcaneus and Talus». *American Journal of Physical Anthropology* 96(3): 315-320.

Horowitz, S. L., Osborne, R. H., y de George, F. V. 1958. «Hereditary factors in tooth dimensions, a study of the anterior teeth in twins». *Angle Orthodontist*, 28, 87–93.

Hughes, T., Dempsey, P., Richards, L., y Townsend, G. C. 2000. «Genetic analysis of deciduous tooth size in Australian twins». *Archives of Oral Biology*, 45, 997–1004.

Klepinger, Linda. 2006. «Fundamentals of Forensic Anthropology». Wiley-Liss.

Kochenborger R, Della Bona Á, Kochenborger CA, Cecchetti D. 2008. «Triângulo de Bonwill e sua relação com o gênero e o tipo de oclusão dos pacientes». *Cienc Odontol Bras*. 11 (1): 35-41.

Krenzer, Udo. 2006. «Compendio de métodos antropológico forenses para la reconstrucción del perfil osteo-biológico». Centro de Análisis Forense y Ciencias Aplicadas CAFCA, Guatemala.

- Leiva, Ximena. 2010. Efectos de las migraciones recientes en la composición genética de la población de Santiago de Chile». Memoria para optar al título de Antropólogo Físico. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Sociales. Departamento de Antropología.
- Lévi-Strauss, Claude. 1995. «Antropología Estructural». Ediciones Paidós Ibérica, S.A., Barcelona: 365-366.
- Lima LNC, Neves GLS, Rabello PM. 2008. «Carrea's index in dental students at the Federal University of Paraíba». *Brazilian Journal Of Oral Sciences* 7(27): 1673-1677.
- Lima, Laíse. 2011. «Validação do índice de Carrea por meio de elementos dentais superiores para a estimativa da estatura humana». Memoria para optar al título de Mestre em Biologia Buco-Dental, com concentração em Odontologia Legal e Deontologia. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba.
- Lima, L., Y. da Costa, R. Tinoco, P. Rabello y E. Daruge Junior. 2011. «Stature estimation by Carrea's Index and its reliability in different types of dental alignment». *Journal of Forensic Odontostomatology* 29:1:7-13.
- Marambio, Paulina. 2011. «Evaluación del Método de Estimación de Edad por la 4° Costilla Derecha en Población Masculina Chilena». Memoria para optar al título de Antropólogo Físico. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Sociales. Departamento de Antropología.
- Musgrave, J. y Harneja, N. 1978. «The Estimation of Adult Stature from Metacarpal Bone Length». *American Journal of Physical Anthropology* 48(1): 113-120.
- Nagesh, K. y Kumar, G. 2006. «Estimation of Stature from Vertebral Column Length in South Indians». *Legal Medicine* 8(5): 269-272.
- Ohm E, Silness J. 1982. «The size of the Balkwill angle and the height of the Bonwill triangle». *Journal of Oral Rehabilitation* 9: 301-6.
- Ono, Evelise, Carolina de Oliveira Tocalino Walter-Porto, Edmundo Medici-Filho, Luiz Cesar de Moraes, Mari Eli Leonelli de Moraes y Julio Cezar de Melo Castilho. 2007. «Análise da proporção áurea em indivíduos dolico, braqui e mesofaciais, por meio de radiografias cefalométricas laterais». *Rev Odonto Ciência* 22(56): 154-159.

- Osborne, R. H., Horowitz, S. L., y de George, F. V. 1958. «Genetic variation of tooth dimensions: a twin study of the permanent anterior teeth». *American Journal of Human Genetics*, 10, 350–6.
- Pearson K. 1899. «Mathematical contributions to theory of evolution on the reconstruction of stature of prehistoric races». *Phil. Trans. R. Soc.* 1899; 192: 169-244.
- Pischel, G. 1966. «História Universal da Arte». São Paulo: Melhoramentos.
- Potter, R. H. y Nance, W. E. 1976. «A twin study of dental dimension. I. Discordance, asymmetry and mirror imagery». *American Journal of Physical Anthropology*, 44, 391–6.
- Potter, R. H., Nance, W. E., Yu, P. L., & Davis, W. B. 1976. «A twin study of dental dimension. II. Independent genetic determinants». *American Journal of Physical Anthropology*, 44, 397–412.
- Potter, R. H. Y., Rice, J. P., Dahlberg, A. A., y Dahlberg, T. 1983. «Dental size traits within families: path analysis for first molar and lateral incisors». *American Journal of Physical Anthropology*, 61, 283–9.
- Potter, R. H. Y., Yu, P. L., Dahlberg, A. A., Merritt, A. D., & Connelly, P. M. 1968. «Genetic studies of tooth size factors in Pima Indian families». *American Journal of Human Genetics*, 20, 89–100.
- Preston, J. 1993. «The golden proportion revised». *J Estht Dent.* 5 (6): 247-51.
- Ricketts RM. 1982. «The biologic significance of the divine proportion and Fibonacci series». *American Journal of Orthodontics* 81 (5): 351-70.
- Rodríguez Cuenca, J. 1994. «Introducción a la Antropología Forense. Análisis e identificación de restos óseos humanos». Universidad Nacional de Colombia.
1999. «Avances de la Antropología Dental en Colombia».
2003. «Dientes y Diversidad Humana. Avances de la Antropología Dental».
- Rollet, E. 1889. «De la Mensuration des Os Longs des Membres dans ses Rapports avec l'Anthropologie, la Clinique et la Medecine Judicaire». Lyon.
- Ryan, I. y Bidmos, M.A. 2007. «Skeletal Height Reconstruction from Measurements of the Skull in Indigenous South Africans». *Forensic Science International* 167: 16-21.

- Shoemaker WA, Nestor J. 1981. «A time to recognize the science in the art of healing». *Florida dental journal* 52 (3): 22-3, 46-7.
- Shulin, P. y Fangwu, Z. 1983. «Estimation of Stature from Skull, Clavicle, Scapula and Os Coxa of Male Adult of Southern China». *Acta Anthropologica Sinica* 2: 253-259.
- Townsend, G. C. 1980. «Heritability of deciduous tooth size in Australian aboriginals». *American Journal of Physical Anthropology*, 53, 297–300.
- Townsend, G. C. y Alvesalo, L. 1985. «Tooth size in 47 XYY males: evidence for a direct effect of the Y chromosome on growth». *Australian Dental Journal*, 30, 268–72.
- Townsend, G. C. y Brown, T. 1978. «Heritability of permanent tooth size». *American Journal of Physical Anthropology*, 49, 497–505.
1979. «Family studies of tooth size factors in the permanent dentition». *American Journal of Physical Anthropology*, 50, 183–90.
- Trotter, M. y GC. Gleser. 1952. «Estimation of stature from long bones of American Whites and Negroes». *American Journal of Physical Anthropology* 1952:463-514.
- Trujillo, H. E. G.; Suazo, G. I. C., Cantín, L. M. y Vargas, A. R. A. 2007. «Determinación de nuevas proporciones áuricas craneofaciales». *International Journal of Odontostomatology*, 1(2):165-168.
- Zivanovic S. 1969. «Bonwill's triangle and asymmetry in east African human mandibles». *Archives of Oral Biology* 14: 1041-4.

ANEXOS

ANEXO A. Informe de Evaluación del Comité de Ética de la Investigación en Ciencias Sociales y Humanidades.



Universidad de Chile
Facultad de Filosofía y Humanidades
Centro de Estudios de Ética Aplicada
Comité de Ética de la Investigación en Ciencias Sociales y Humanidades



013/2012

INFORME DE EVALUACIÓN

IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Proyecto: Evaluación del Índice de Carrea para estimar estatura de población chilena subactual.

Investigadora responsable: Ofelia Meza

Otra información relevante: Tesis de Pregrado en Antropología Física

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

La investigación propuesta se basa inicialmente en el índice de Carrea, que es una metodología desarrollada para la estimación de la estatura de un individuo a partir de medidas tomadas de piezas dentales anteriores de la mandíbula. Esta metodología, poco utilizada actualmente en Chile, ofrece la posibilidad de estimar uno de los datos fundamentales del perfil biológico de un individuo sin tener que recurrir a los huesos largos. Ya sea en contextos de esqueletos incompletos o como complemento a las metodologías ya utilizadas, la puesta a prueba de este índice en población chilena implicaría un avance en la enseñanza y el trabajo de la Antropología Física en su rama Forense y Dental en el país.

El propósito de la investigación es poner a prueba esta metodología utilizándola para estimar estatura de población chilena subactual. Para conseguirlo, se realizará un estudio en 130 modelos de yeso de habitantes de la ciudad de Santiago de ambos sexos, entre los 18 y 30 años. La estatura de los participantes se medirá con un estadímetro, mientras que las medidas dentales se tomarán utilizando un calibre digital sobre el molde. Ambas estaturas se compararán luego de obtener los resultados y se analizará el porcentaje de acierto y precisión del método dental.

Con estos antecedentes la investigación propuesta por la tesista, intentará determinar el grado de precisión que esta metodología se aplica a la población chilena con el objetivo de aceptar, o no, su utilización en contextos de enseñanza y práctica de la disciplina antropológica.

EVALUACIÓN DE ASPECTOS ÉTICOS

El Comité ha evaluado los antecedentes presentados por la Investigadora Responsable. Se ha revisado los objetivos de la investigación, su marco teórico y metodología, estimando que el proyecto está bien fundamentado en lo teórico y metodológico. Se considera que el proyecto





tiene valor científico, dado que permite contrastar y establecer validez estadística conclusiva para los instrumentos de medición considerados.

Se estima que el proyecto no implica riesgos para los participantes puesto que propone un tipo de intervención más bien inocua, que aparte de generar ciertas molestias derivadas de los procedimientos de toma de muestras ocupados, no altera ni perjudica a los participantes, quedando debidamente cautelado el conjunto de sus derechos personales por la formulación del documento de C.I.

Se ha revisado también el formulario de Consentimiento Informado considerándose que está redactado conforme a los procedimientos habituales y válidos establecidos, lo que puede permitir una participación voluntaria e informada.

Por lo anteriormente expuesto, el Comité declara no tener reparos éticos con el proyecto, calificándolo como aprobado.



Prof. Dr. Raúl Villarroel Soto
Presidente
Comité de Ética de la Investigación en Ciencias Sociales y Humanidades
Centro de Estudios de Ética Aplicada
Facultad de Filosofía y Humanidades
Universidad de Chile

Santiago de Chile, 23 de enero de 2013.



ANEXO B. Consentimiento Informado aprobado por dicho Comité.



CONSENTIMIENTO INFORMADO DEL PARTICIPANTE

A continuación se entregará la información necesaria para que usted pueda decidir libremente si desea o no participar de esta investigación.

El estudio titulado "Evaluación del Índice de Carrea para estimar estatura de población chilena subactual", y llevado a cabo en el contexto de actividades asociadas a una Memoria de Pregrado desarrollada por Ofelia Meza en el Departamento de Antropología de la Universidad de Chile, tiene como objetivo evaluar si es posible estimar estatura a través de medidas de los dientes.

Para este estudio se requiere que la estatura del participante sea medida con una escala fija y que sea realizado un molde de yeso de sus dientes inferiores. Para ello se medirá la estatura, de pie y sin zapatos del voluntario, para luego llevar a cabo el molde del tipo utilizado por dentistas. Este procedimiento debería durar mínimo 5 minutos y no más de 10.

No existen beneficios directos ni indirectos para usted. No habrá compensación económica por ser parte de este estudio ni la investigadora conseguirá beneficio económico alguno. No existen riesgo, efectos no deseados ni complicaciones médicas asociados al estudio, aunque el procedimiento de toma de molde de la arcada dentaria, a veces, podría ser poco comfortable para algunos voluntarios.

La información obtenida a través de este estudio será mantenida bajo estricta confidencialidad y será utilizada en la realización de una Memoria de Pregrado, conducente al título profesional de Antropólogo Físico. No se mencionarán nombres, medios de contacto ni ningún otro dato del participante. Los moldes serán etiquetados con un código y los datos obtenidos de ellos no serán divulgados ni usados para otros fines diferentes de los de este estudio, ni por otros investigadores distintos de los señalados en este documento.

Si Usted lo desea, tendrá derecho a conocer los resultados finales obtenidos por este estudio, dirigiéndose al teléfono de la Investigadora responsable de este estudio, indicado al final de este mismo documento, o en el e-mail mencionado para consultas.

Los moldes quedarán en custodia del Departamento de Antropología de la Facultad de Ciencias Sociales de la Universidad de Chile. El acceso a ellos será restringido y sólo se explicitará el código.

En caso de consulta, usted puede contactarse con la Investigadora responsable de este proyecto en cualquier momento, dirigiéndose a Ofelia Meza Escobar, teléfono 8 156 57 74, e-mail ofeliameza@gmail.com. También puede consultar con el académico responsable del proyecto, profesor Eugenio Aspillaga Fontaine, dirección Ignacio Carrera Pinto n°1045, Facultad de Ciencias Sociales de la Universidad de Chile, teléfono (02) 2978 7758, e-mail easpilla@uchile.cl.

Además, podrá comunicarse con el profesor Raúl Villarroel, presidente del Comité de Ética de la Investigación en Ciencias Sociales y Humanidades de la Facultad de Filosofía y Humanidades de la Universidad de Chile, entidad que aprobó este estudio, al teléfono (02) 2978 7026 o al e-mail comitedeetica@uchile.cl.

Usted tiene el derecho de retirarse del estudio en el momento en que lo considere oportuno o necesario, contactándose con el responsable anteriormente señalado, sin que por ello usted deba dar ninguna explicación y sin que esto tenga consecuencias para usted .

Con su firma, usted declara que su participación es voluntaria, informada y que no se debe a influencia o presión por parte del equipo de investigación.



Hoja de firmas del Consentimiento informado

He leído el procedimiento descrito arriba. La investigadora me ha explicado el estudio y ha contestado mis preguntas de forma satisfactoria. Voluntariamente doy mi consentimiento para participar en el estudio de la Srta. Ofelia Meza Escobar titulado "Evaluación del Índice de Carrea para estimar estatura de población chilena subactual".

Nombre y firma del
Responsable del Estudio

Nombre y firma del
Participante

Fecha _____



Este documento se firma en dos ejemplares impresos idénticos, quedando uno de ellos en su poder una vez suscrito.

ANEXO C. Metodología de la medición de la estatura y toma de molde de los participantes.

Medición de la estatura



La estatura fue medida con un estadímetro portátil Seca 274®, con los voluntarios de pie, descalzos y con la cabeza en posición de Frankfurt apoyada en un cursor de 90° en relación a la escala métrica.

Toma de molde

1. Preparación de la mesa. En la mesa de trabajo se tuvieron siempre los siguientes elementos:

- a. Alginato Dentsply Jeltrate Chromatic® de fraguado normal.
- b. Cubetas metálicas rígidas (tipo Rim Lock), tamaños S, M y L de adulto.
- c. 2 taza de goma siliconada.
- d. 2 espátulas flexibles, metálica y plástica.
- e. Proporcionadores brindados por el fabricante del alginato empleado, tanto para el polvo como para el agua.
- g. Cronómetro
- h. Yeso piedra de uso dental Tipo IV Densite®



2. Homogeinización del polvo. Se toma el recipiente en el cual se almacena el alginato entre ambas manos y se agita durante 5 segundos.

3. Preparación:

a. La cantidad de alginato y agua se mide con los proporcionadores del fabricante Dentsply. Primero debe volcarse el polvo y luego el agua en la taza de goma; nunca al revés.

b. Se realiza un espátulado energético, en ocho y realizando presión sobre las paredes de la taza de goma, entre 45 y 60 segundos.



4. Cargado de la cubeta. La cubeta se carga sosteniéndola desde su mango desde la cara lingual, partiendo el llenado de incisivos a molares.



5. Toma de la impresión. Se introduce la cubeta en la boca del voluntario en forma oblicua y luego, centrándola, se asienta en la arcada dental inferior, desde el sector posterior hacia el anterior.



6. Mantener la presión. Se mantiene presionado levemente el molde durante 2 minutos, aproximadamente. Se mantiene una presión digital constante esperando que se complete la gelificación.



7. Retiro de la impresión. Se retira la cubeta de un solo movimiento, colocando los dedos índices entre la impresión y el fondo de surco, de tal forma que se produzca un vacío. Nunca se tira la impresión desde el mango de la cubeta.



8. Lavado. Se enjuaga la impresión bajo un chorro abundante de agua corriente. Se pueden recortar los excesos de alginato con un bisturí bien afilado si es necesario, sobre todo en la parte posterior de la cubeta.



9. Espera. Se esperan al menos 15 minutos antes de realizar el vaciado para la recuperación elástica del material. Durante ese período se almacena la impresión en un recipiente hermético que mantenga 100% de humedad relativa ambiente.

10. Preparación del yeso piedra. Se prepara el yeso piedra en la segunda taza de goma con la espátula metálica, en una proporción recomendada por el fabricante de 19 ml de agua por 100 g de polvo. Se mezcla de forma espatulada con movimientos de lapicera hasta obtener una mezcla homogénea de consistencia cremosa.





11. Vaciado. Se rellena el molde con alginato con una pequeña cantidad de yeso y se vibra para asentar la mezcla. Una vez asentada la base, se rellena hasta el borde con yeso y se deja al menos 45 minutos en un lugar seco.



12. Retirado de impresión. Se retira la impresión con los dedos.



ANEXO D. Tabla de datos generados para la ecuación original de Carrea.

Estatura derecho	Estatura máxima derecha	Estatura izquierda	Estatura máxima izquierda	Estatura real
155.88	165.59	155.03	163.61	152.3
155.22	159.27	154.75	160.12	156.2
155.41	162.38	156.35	161.72	159.2
178.12	180.95	182.46	184.72	183.4
159.84	167.19	156.16	172.09	172.3
173.03	177.37	176.43	175.58	172.9
181.05	181.52	181.89	184.63	186
171.06	177.18	169.64	172.28	176.8
154.37	161.63	155.88	162.10	156.3
163.70	159.93	162.01	162.10	162.8
151.83	151.73	153.62	156.45	151.9
164.83	168.79	170.58	168.04	167.8
150.60	160.31	151.07	161.06	161.5
162.29	175.30	161.54	175.86	175.1
167.38	167.57	165.78	168.13	163.6
158.14	160.22	159.27	158.99	157.3
169.55	173.51	169.74	172.47	171.3
152.02	157.86	152.30	154.66	152.3
160.31	161.91	162.20	160.41	161.2
174.83	173.98	175.39	174.73	175.1
158.99	161.44	166.25	169.83	155.8
168.51	169.64	161.72	173.41	165.3
159.93	156.92	157.77	163.61	162.1
172.19	179.35	175.96	171.81	164
154.75	153.62	153.43	158.430	152.8
171.71	179.82	170.77	177.28	173.2
163.99	163.23	162.10	160.31	160.3
163.04	162.57	164.83	164.18	163.1
163.23	159.75	158.24	164.55	161.8
166.91	162.86	164.08	165.21	169.4
159.84	162.86	160.31	161.63	161
174.35	176.24	172.37	177.94	173.8
170.11	174.64	169.45	174.64	175.3
178.12	180.01	179.76	180.10	179.8
163.23	168.79	163.61	168.98	169.7
163.33	167.85	161.35	169.92	165
164.18	163.89	164.65	169.55	161.4
158.80	164.55	159.75	165.40	158.1
160.69	163.04	162.38	166.53	165.1
168.13	170.68	168.04	171.90	169

177.37	177.56	174.73	177.46	175.8
164.18	175.30	163.23	178.03	163.8
165.12	164.83	164.93	165.87	163.3
166.34	165.02	160.12	165.59	174.8
165.49	168.70	164.27	168.70	165.7
153.62	156.54	150.41	154.84	149.8
179.35	186.51	183.31	188.96	184.3
165.78	177.94	166.81	180.20	168.1
155.03	155.50	154.37	155.50	153.5
153.62	168.32	156.45	155.13	156.5
159.84	156.16	158.14	162.48	153.5
167.76	172.09	166.25	169.26	167.2
158.33	155.52	158.05	160.88	159.4
167.94	174.35	166.63	173.69	166.7
173.51	167.85	167.38	171.71	171.1
159.93	159.65	158.33	161.72	160.8
164.08	163.04	164.65	164.55	163.1
162.76	162.20	161.63	171.06	167.6
150.23	155.79	153.52	156.26	154.6
168.60	172.28	169.74	173.60	170
165.78	170.77	166.91	171.06	164
171.34	175.48	171.81	171.15	172.9
169.45	176.05	173.51	181.99	172.6
161.06	164.27	161.16	167.47	153.2
159.46	168.04	159.84	160.31	159.1
160.78	165.31	164.36	170.87	165.6
160.03	175.96	154.56	168.23	154.4
168.70	172.85	168.60	170.30	170.4
166.91	169.08	167.29	170.58	167.4
158.33	155.50	157.20	154.00	154.8
166.63	171.06	164.36	165.87	169.7
187.36	185.10	179.07	187.64	182.5
151.73	151.55	150.70	150.41	152.7
160.50	163.99	159.37	160.31	160
157.39	159.56	157.20	156.26	157.6
155.22	160.97	150.98	163.89	151.4
172.19	176.90	174.26	174.45	173.5
176.90	177.56	176.14	179.73	177.8
156.45	155.50	159.75	156.26	155
173.51	170.68	167.38	173.69	172
157.77	159.75	155.03	161.06	152.3
155.22	159.27	154.94	160.12	156.2
155.41	163.33	156.35	161.72	159.2
151.73	151.55	150.70	150.51	152.7
160.50	164.93	159.37	162.01	160
157.39	159.18	157.48	156.26	157.6
156.26	160.97	150.98	164.08	151.4

169.45	176.99	173.51	181.89	172.6
161.16	164.27	168.38	167.47	153.2
159.46	168.32	159.84	161.2	159.1
180.29	180.95	182.46	184.72	183.4
169.45	167.19	169.55	172.09	172.3
173.13	177.37	176.43	175.77	172.9
181.05	182.46	181.89	184.91	186
171.06	176.33	169.92	172.28	176.8
167.57	172.28	169.74	173.98	170
165.78	170.96	166.91	171.24	164
171.34	175.20	171.81	170.96	172.9
170.11	174.92	171.62	174.64	175.3
177.09	180.01	177.65	180.10	179.8

ANEXO E. Tabla de datos generados para ecuaciones por lado.

Radio-cuerda derecho	Arco derecho	Radio-cuerda izquierdo	Arco izquierdo	Estatuta estimada derecha	Estatuta estimada izquierda	Estatuta real
1.654	17.570	1.645	17.360	157.666	159.391	152.3
1.647	16.900	1.642	16.990	155.537	157.039	156.2
1.649	17.230	1.659	17.160	156.475	158.609	159.2
1.890	19.200	1.936	19.600	179.650	182.179	183.4
1.696	17.740	1.657	18.260	161.293	165.262	172.3
1.836	18.820	1.872	18.630	174.603	174.253	172.9
1.921	19.260	1.930	19.590	182.172	181.930	186.0
1.815	18.800	1.800	18.280	172.945	169.862	176.8
1.638	17.150	1.654	17.200	155.440	158.697	156.3
1.737	16.970	1.719	17.200	162.610	160.732	162.8
1.611	16.100	1.630	16.600	150.873	154.282	151.9
1.749	17.910	1.810	17.830	165.765	167.428	167.8
1.598	17.010	1.603	17.090	152.038	156.428	161.5
1.722	18.600	1.714	18.660	165.332	169.489	175.1
1.776	17.780	1.759	17.840	167.528	165.892	163.6
1.678	17.000	1.690	16.870	158.154	157.809	157.3
1.799	18.410	1.801	18.300	170.790	170.015	171.3
1.613	16.750	1.616	16.410	152.571	152.684	152.3
1.701	17.180	1.721	17.020	160.346	159.696	161.2
1.855	18.460	1.861	18.540	175.206	173.359	175.1
1.687	17.130	1.764	18.020	159.153	167.147	155.8
1.788	18.000	1.716	18.400	168.971	167.964	165.3
1.697	16.650	1.674	17.360	158.780	160.300	162.1
1.827	19.030	1.867	18.230	174.412	171.655	164.0
1.642	16.300	1.628	16.810	153.728	155.501	152.8
1.822	19.080	1.812	18.810	174.147	173.473	173.2
1.740	17.320	1.720	17.010	163.672	159.603	160.3
1.730	17.250	1.749	17.420	162.738	163.015	163.1
1.732	16.950	1.679	17.460	162.179	161.067	161.8
1.771	17.280	1.741	17.530	165.956	163.436	169.4
1.696	17.280	1.701	17.150	160.200	159.863	161.0
1.850	18.700	1.829	18.880	175.393	174.433	173.8
1.805	18.530	1.798	18.530	171.535	171.326	175.3
1.890	19.100	1.780	19.110	179.413	174.303	179.8
1.732	17.910	1.736	17.930	164.460	165.721	169.7
1.733	17.810	1.712	18.030	164.299	165.580	165.0
1.742	17.390	1.747	17.990	163.992	166.432	161.4
1.685	17.460	1.695	17.550	159.784	162.117	158.1
1.705	17.300	1.723	17.670	160.939	163.727	165.1
1.784	18.110	1.783	18.240	168.926	169.085	169.0
1.882	18.840	1.854	18.830	178.181	174.911	175.8
1.742	18.600	1.732	18.890	166.867	171.457	163.8

1.752	17.490	1.750	17.600	164.997	164.145	163.3
1.765	17.510	1.699	17.570	166.042	162.365	174.8
1.756	17.900	1.743	17.900	166.278	165.757	165.7
1.630	16.610	1.596	16.430	153.543	152.179	149.8
1.903	19.790	1.945	20.050	182.050	185.208	184.3
1.759	18.880	1.770	19.120	168.837	174.051	168.1
1.645	16.500	1.638	16.500	154.433	153.922	153.5
1.630	17.860	1.660	16.460	156.513	154.367	156.5
1.696	16.570	1.678	17.240	158.513	159.692	153.5
1.780	18.260	1.764	17.960	168.975	166.781	167.2
1.680	16.502	1.677	17.070	157.124	158.623	159.4
1.782	18.500	1.768	18.430	169.699	169.776	166.7
1.841	17.810	1.776	18.220	172.587	168.744	171.1
1.697	16.940	1.680	17.160	159.469	159.267	160.8
1.741	17.300	1.747	17.460	163.701	163.196	163.1
1.727	17.210	1.715	18.150	162.413	166.406	167.6
1.594	16.530	1.629	16.580	150.591	154.129	154.6
1.789	18.280	1.801	18.420	169.713	170.748	170.0
1.759	18.120	1.771	18.150	167.031	168.160	164.0
1.818	18.620	1.823	18.160	172.747	169.850	172.9
1.798	18.680	1.841	19.310	171.355	177.434	172.6
1.709	17.430	1.710	17.770	161.554	163.930	153.2
1.692	17.830	1.696	17.010	161.200	158.852	159.1
1.706	17.540	1.744	18.130	161.586	167.193	165.6
1.698	18.670	1.640	17.850	163.657	162.226	154.4
1.790	18.340	1.789	18.070	169.933	168.235	170.4
1.771	17.940	1.775	18.100	167.524	167.980	167.4
1.680	16.500	1.668	16.340	157.119	153.885	154.8
1.768	18.150	1.744	17.600	167.793	163.957	169.7
1.988	19.640	1.900	19.910	188.217	182.945	182.5
1.610	16.080	1.599	15.960	150.749	149.404	152.7
1.703	17.400	1.691	17.010	161.023	158.695	160.0
1.670	16.930	1.668	16.580	157.373	155.350	157.6
1.647	17.080	1.602	17.390	155.965	158.228	151.4
1.827	18.770	1.849	18.510	173.794	172.800	173.5
1.877	18.840	1.869	19.070	177.797	176.846	177.8
1.660	16.500	1.695	16.580	155.584	156.195	155.0
1.841	18.110	1.776	18.430	173.300	170.026	172.0
1.674	16.950	1.645	17.090	157.728	157.743	152.3
1.647	16.900	1.644	16.990	155.537	157.101	156.2
1.649	17.330	1.659	17.160	156.712	158.609	159.2
1.610	16.080	1.599	15.970	150.749	149.465	152.7
1.703	17.500	1.691	17.190	161.260	159.794	160.0
1.670	16.890	1.671	16.580	157.278	155.444	157.6
1.658	17.080	1.602	17.410	156.809	158.350	151.4
1.798	18.780	1.841	19.300	171.592	177.373	172.6
1.710	17.430	1.150	17.770	161.631	146.394	153.2

1.692	17.860	1.696	17.104	161.271	159.426	159.1
1.913	19.200	1.936	19.600	181.415	182.179	183.4
1.798	17.740	1.799	18.260	169.121	169.708	172.3
1.837	18.820	1.872	18.650	174.680	174.375	172.9
1.921	19.360	1.930	19.620	182.410	182.114	186.0
1.815	18.710	1.803	18.280	172.730	169.956	176.8
1.778	18.280	1.801	18.460	168.869	170.992	170.0
1.759	18.140	1.771	18.170	167.079	168.282	164.0
1.818	18.590	1.823	18.140	172.676	169.727	172.9
1.805	18.560	1.821	18.530	171.607	172.046	175.3
1.879	19.100	1.885	19.110	178.569	177.591	179.8

ANEXO F. Tabla de datos generados para ecuaciones por arco.

Arco derecho	Arco izquierdo	Estatura estimada derecha	Estatura estimada izquierda	Estatura real
17.57	17.36	163.249	160.971	152.3
16.9	16.99	157.358	157.733	156.2
17.23	17.16	160.259	159.221	159.2
19.2	19.6	177.581	180.574	183.4
17.74	18.26	164.744	168.847	172.3
18.82	18.63	174.240	172.085	172.9
19.26	19.59	178.109	180.486	186
18.8	18.28	174.064	169.022	176.8
17.15	17.2	159.556	159.571	156.3
16.97	17.2	157.973	159.571	162.8
16.1	16.6	150.324	154.321	151.9
17.91	17.83	166.239	165.084	167.8
17.01	17.09	158.325	158.609	161.5
18.6	18.66	172.306	172.348	175.1
17.78	17.84	165.095	165.172	163.6
17	16.87	158.237	156.683	157.3
18.41	18.3	170.635	169.197	171.3
16.75	16.41	156.039	152.658	152.3
17.18	17.02	159.820	157.996	161.2
18.46	18.54	171.075	171.298	175.1
17.13	18.02	159.380	166.747	155.8
18	18.4	167.030	170.073	165.3
16.65	17.36	155.160	160.971	162.1
19.03	18.23	176.086	168.585	164
16.3	16.81	152.082	156.158	152.8
19.08	18.81	176.526	173.660	173.2
17.32	17.01	161.051	157.909	160.3
17.25	17.42	160.435	161.496	163.1
16.95	17.46	157.797	161.847	161.8
17.28	17.53	160.699	162.459	169.4
17.28	17.15	160.699	159.134	161
18.7	18.88	173.185	174.273	173.8
18.53	18.53	171.690	171.210	175.3
19.1	19.11	176.702	176.286	179.8
17.91	17.93	166.239	165.960	169.7
17.81	18.03	165.359	166.835	165
17.39	17.99	161.666	166.485	161.4
17.46	17.55	162.282	162.634	158.1
17.3	17.67	160.875	163.684	165.1
18.11	18.24	167.997	168.672	169

18.84	18.83	174.416	173.836	175.8
18.6	18.89	172.306	174.361	163.8
17.49	17.6	162.546	163.072	163.3
17.51	17.57	162.721	162.809	174.8
17.9	17.9	166.151	165.697	165.7
16.61	16.43	154.808	152.833	149.8
19.79	20.05	182.769	184.512	184.3
18.88	19.12	174.768	176.373	168.1
16.5	16.5	153.841	153.445	153.5
17.86	16.46	165.799	153.095	156.5
16.57	17.24	154.456	159.921	153.5
18.26	17.96	169.316	166.222	167.2
16502	17.07	145.107	158.434	159.4
18.5	18.43	171.426	170.335	166.7
17.81	18.22	165.359	168.497	171.1
16.94	17.16	157.710	159.221	160.8
17.3	17.46	160.875	161.847	163.1
17.21	18.15	160.084	167.885	167.6
16.53	16.58	154.104	154.146	154.6
18.28	18.42	169.492	170.248	170
18.12	18.15	168.085	167.885	164
18.62	18.16	172.481	167.972	172.9
18.68	19.31	173.009	178.036	172.6
17.43	17.77	162.018	164.559	153.2
17.83	17.01	165.535	157.909	159.1
17.54	18.13	162.985	167.710	165.6
18.67	17.85	172.921	165.259	154.4
18.34	18.07	170.019	167.185	170.4
17.94	18.1	166.502	167.447	167.4
16.5	16.34	153.841	152.045	154.8
18.15	17.6	168.349	163.072	169.7
19.64	19.91	181.450	183.287	182.5
16.08	15.96	150.148	148.720	152.7
17.4	17.01	161.754	157.909	160
16.93	16.58	157.622	154.146	157.6
17.08	17.39	158.941	161.234	151.4
18.77	18.51	173.800	171.035	173.5
18.84	19.07	174.416	175.936	177.8
16.5	16.58	153.841	154.146	155
18.11	18.43	167.997	170.335	172
16.95	17.09	157.797	158.609	152.3
16.9	16.99	157.358	157.733	156.2
17.33	17.16	161.139	159.221	159.2
16.08	15.97	150.148	148.807	152.7
17.5	17.19	162.634	159.484	160
16.89	16.58	157.270	154.146	157.6
17.08	17.41	158.941	161.409	151.4

18.78	19.3	173.888	177.949	172.6
17.43	17.77	162.018	164.559	153.2
17.86	17.104	165.799	149.687	159.1
19.2	19.6	177.581	180.574	183.4
17.74	18.26	164.744	168.847	172.3
18.82	18.65	174.240	172.260	172.9
19.36	19.62	178.988	180.749	186
18.71	18.28	173.273	169.022	176.8
18.28	18.46	169.492	170.598	170
18.14	18.17	168.261	168.060	164
18.59	18.14	172.218	167.797	172.9
18.56	18.53	171.954	171.210	175.3
19.1	19.11	176.702	176.286	179.8

ANEXO G. Tabla de datos generados para la ecuación final desarrollada por esta investigación.

Radio-cuerda derecho	Radio-cuerda izquierdo	Arco izquierdo	Estatura estimada	Estatura real
1.654	1.645	17.36	157.26	152.3
1.647	1.642	16.99	155.81	156.2
1.649	1.659	17.16	156.67	159.2
1.89	1.936	19.6	181.39	183.4
1.696	1.657	18.26	162.25	172.3
1.836	1.872	18.63	174.66	172.9
1.921	1.93	19.59	182.99	186
1.815	1.8	18.28	171.34	176.8
1.638	1.654	17.2	156.08	156.3
1.737	1.719	17.2	162.70	162.8
1.611	1.63	16.6	152.54	151.9
1.749	1.81	17.83	166.60	167.8
1.598	1.603	17.09	152.69	161.5
1.722	1.714	18.66	165.74	175.1
1.776	1.759	17.84	167.28	163.6
1.678	1.69	16.87	158.02	157.3
1.799	1.801	18.3	170.52	171.3
1.613	1.616	16.41	151.90	152.3
1.701	1.721	17.02	160.23	161.2
1.855	1.861	18.54	175.30	175.1
1.687	1.764	18.02	162.88	155.8
1.788	1.716	18.4	168.76	165.3
1.697	1.674	17.36	160.14	162.1
1.827	1.867	18.23	172.99	164
1.642	1.628	16.81	154.81	152.8
1.822	1.812	18.81	173.37	173.2
1.74	1.72	17.01	162.36	160.3
1.73	1.749	17.42	163.40	163.1
1.732	1.679	17.46	162.45	161.8
1.771	1.741	17.53	165.86	169.4
1.696	1.701	17.15	159.97	161
1.85	1.829	18.88	175.41	173.8
1.805	1.798	18.53	171.43	175.3
1.89	1.78	19.11	177.45	179.8
1.732	1.736	17.93	164.68	169.7
1.733	1.712	18.03	164.61	165
1.742	1.747	17.99	165.59	161.4
1.685	1.695	17.55	160.34	158.1
1.705	1.723	17.67	162.25	165.1
1.784	1.783	18.24	169.21	169
1.882	1.854	18.83	177.48	175.8

1.742	1.732	18.89	167.78	163.8
1.752	1.75	17.6	165.14	163.3
1.765	1.699	17.57	164.93	174.8
1.756	1.743	17.9	166.06	165.7
1.63	1.596	16.43	152.57	149.8
1.903	1.945	20.05	183.48	184.3
1.759	1.77	19.12	169.99	168.1
1.645	1.638	16.5	154.30	153.5
1.63	1.66	16.46	153.72	156.5
1.696	1.678	17.24	159.83	153.5
1.78	1.764	17.96	167.91	167.2
1.68	1.677	17.07	158.46	159.4
1.782	1.768	18.43	169.37	166.7
1.841	1.776	18.22	172.23	171.1
1.697	1.68	17.16	159.70	160.8
1.741	1.747	17.46	164.09	163.1
1.727	1.715	18.15	164.65	167.6
1.594	1.629	16.58	151.52	154.6
1.789	1.801	18.42	170.28	170
1.759	1.771	18.15	167.37	164
1.818	1.823	18.16	171.56	172.9
1.798	1.841	19.31	173.87	172.6
1.709	1.71	17.77	162.53	153.2
1.692	1.696	17.01	159.28	159.1
1.706	1.744	18.13	163.91	165.6
1.698	1.64	17.85	160.96	154.4
1.79	1.789	18.07	169.19	170.4
1.771	1.775	18.1	167.97	167.4
1.68	1.668	16.34	156.32	154.8
1.768	1.744	17.6	165.93	169.7
1.988	1.9	19.91	187.10	182.5
1.61	1.599	15.96	150.23	152.7
1.703	1.691	17.01	159.81	160
1.67	1.668	16.58	156.42	157.6
1.647	1.602	17.39	156.23	151.4
1.827	1.849	18.51	173.45	173.5
1.877	1.869	19.07	178.10	177.8
1.66	1.695	16.58	156.31	155
1.841	1.776	18.43	172.80	172
1.674	1.645	17.09	157.64	152.3
1.647	1.644	16.99	155.84	156.2
1.649	1.659	17.16	156.67	159.2
1.61	1.599	15.97	150.25	152.7
1.703	1.691	17.19	160.30	160
1.67	1.671	16.58	156.47	157.6
1.658	1.602	17.41	156.90	151.4
1.798	1.841	19.3	173.84	172.6

1.71	1.15	17.77	153.24	153.2
1.692	1.696	17.104	159.54	159.1
1.913	1.936	19.6	182.67	183.4
1.798	1.799	18.26	170.32	172.3
1.837	1.872	18.65	174.77	172.9
1.921	1.93	19.62	183.07	186
1.815	1.803	18.28	171.39	176.8
1.778	1.801	18.46	169.78	170
1.759	1.771	18.17	167.43	164
1.818	1.823	18.14	171.51	172.9
1.805	1.821	18.53	171.81	175.3
1.879	1.885	19.11	178.59	179.8