

Análisis comparativo de la aplicabilidad de las ecuaciones Rempel para evaluar el somatotipo de jóvenes deportistas venezolanos

BRITO P¹, GARCÍA AVENDAÑO P¹, RODRÍGUEZ A¹, FLORES Z¹, RONDÓN R¹, VIRLA AE²

Rev. Esp. Antrop. Biol. (2002) **23**: 33-42

Recibido: 1 agosto 2003

¹Universidad Central de Venezuela. Instituto de Investigaciones Económicas y Sociales.

Zona Postal 54043. Caracas 1051-A. UCV-Venezuela. E-mail: pedrogarciaa@mipunto.com

²Instituto Nacional de Deportes.

Palabras clave: somatotipo, antropometría, Heath-Carter, ecuaciones Rempel, deporte, morfología.

El somatotipo antropométrico de Heath-Carter es el procedimiento de estudio de la forma corporal de mayor uso en diferentes áreas, especialmente en la evaluación biomédica de los atletas. De su empleo y desarrollo, surgió en 1994 una nueva propuesta de ecuaciones para su estimación, las Ecuaciones Rempel, las cuales aún son poco conocidas y utilizadas. El objetivo de la presente investigación fue comparar los valores del somatotipo antropométrico obtenidos a partir de las ecuaciones propuestas por Rempel (1994), con respecto a las reportadas por Carter (1980), para determinar su aplicabilidad y validez en un grupo de deportistas venezolanos. Ambos métodos se compararon empleando los procedimientos de análisis del Somatotipo: Somatotipo Promedio (SM), Distancia de Dispersión del Somatotipo (SDD), Índice de Dispersión del Somatotipo (SDI), Distancia Altitudinal Somatotipo (SAD) y la Media Altitudinal del Somatotipo (SAM). Asimismo, se analizó la correlación entre los dos procedimientos. Los resultados de los SDD y su SDI indicaron ausencia de diferencias estadísticamente significativas. Los SAD y SAM mostraron una baja dispersión entre los componentes, especialmente para las ecuaciones Rempel, siendo el SM de uno y otro método Meso-Endomórfico, observándose muy altas correlaciones entre las componentes obtenidas por ambas propuestas ($r=0.974$, $r=0.997$ y $r=0.998$ para la primera, segunda y tercera componente). Se concluye que la alta correlación entre las componentes del somatotipo obtenidas por ambos métodos son un buen indicio para la validación de la propuesta Rempel, la cual podría implementarse como método alternativo y no sustitutivo en investigaciones biotípicas, a fin de establecer su validez.

© 2002 *Sociedad Española de Antropología Física*

Introducción

El somatotipo es uno de los procedimientos más extendidos en cuanto a su aplicación para estudiar la tipología humana, y puede definirse como una expresión de la conformación corporal bajo criterios cuantitativos, enunciada en números (Carter, 2000a), siendo la primera clasificación de forma que se apoyó en una escala continua con gradaciones entre los tipos (Figura 1).

Los estudios del somatotipo han tenido gran aceptación alrededor del mundo, debido a que su utilización no es exclusiva de antropólogos y profesores de educación física; su aplicación es de interés para médicos, nutricionistas y fisiólogos entre otros especialistas interesados en el estudio de la forma y la composición del cuerpo (Song y col, 1993). Asimismo, sociedades internacionales emplean el método del somatotipo para la evaluación morfológica de distintas poblaciones, como por ejemplo, la Sociedad Internacional para el Avance de la Kinantropome-

tría (International Society for the Advancement of Kinanthropometry, ISAK), que se encarga de estudios del hombre en movimiento. El campo de aplicación de los estudios de somatotipo no se limita a la población deportiva, es extensible a poblaciones sedentarias, grupos laborales, niños, ancianos y diferentes grupos étnicos. Son diversas las áreas desde donde pueden darse investigaciones apoyándose en el método del somatotipo como por ejemplo: educación, industria, sector militar, salud pública y nutrición, entre otras (García y Pérez, 2002).

Dentro de los diversos procedimientos conocidos para el estudio de la morfología humana, el somatotipo antropométrico de Heath y Carter (Pérez, 1981; Carter y Heath, 1990 y Villanueva, 1991) presenta algunas ventajas en este campo de investigación, entre las que se pueden señalar su objetividad, facilidad de reproducción de las evaluaciones y empleo de la antropometría como técnica básica. Este método proporciona simplicidad para su aplicación en el campo, reducción de costos, eliminación de posibles sesgos, basamento en variables cuantitativas y facilidades para el manejo y evaluación de grandes poblaciones o muestras numerosas (Carter y Heath, 1990). Una ventaja importante a destacar es la facilidad de uso de esta metodología en laboratorios con recursos limitados, por el empleo de ecuaciones derivadas de la planilla de evaluación del somatotipo, con lo que se reduce el tiempo necesario para el cálculo. En este mismo sentido, en la década de los 90 surgió una nueva y prometedora propuesta en cuanto a las fórmulas para la obtención de las componentes del somatotipo, las ecuaciones Rempel (1994), las cuales incorporan modificaciones a la propuesta original de Carter (1980) en cuanto a la estructura funcional de las ecuaciones y al ajuste por la estatura. Sin embargo, desde la propuesta de las ecuaciones Rempel en 1994 no se han reportado investigaciones orientadas a validar su aplicabilidad y efectividad en el análisis de la forma corporal de distintas poblaciones. Es importante señalar que la aplicación de estas nuevas ecuaciones, a pesar de encontrarse en proceso de validación, podría utilizarse y establecerse como el método de preferencia para el cálculo del somatotipo antropométrico (Carter, 2000b). Es por ello que el objetivo planteado en la presente investigación fue comparar los valores del somatotipo antropométrico obtenidos a partir de las ecuaciones propuestas por Rempel (1994), con respecto a las reportadas por Carter (1980), para determinar su aplicabilidad y validez en un grupo de deportistas venezolanos.

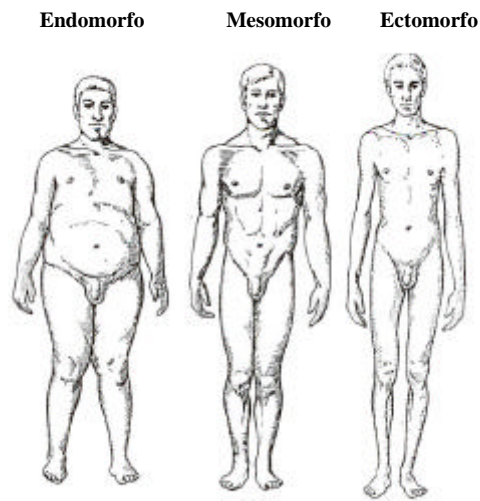


Figura 1. Representación de la forma corporal respecto al dominio de los tres componentes del somatotipo (García, 1990).

Material y métodos

Se desarrolló una investigación de campo con la intención de obtener los valores de las variables antropométricas para la determinación del somatotipo antropométrico utilizando las ecuaciones de Carter y Rempel. El nivel del estudio planteado fue descriptivo y comparativo, estando enfocado a presentar la configuración física de los sujetos bajo estudio en un momento dado a partir de dos conjuntos de ecuaciones, comparando entre los resultados obtenidos por una y otra propuesta. La muestra fue seleccionada de forma intencional (muestreo opinático)

quedando conformada por un total de 82 deportistas de uno y otro sexo, con edades comprendidas entre 7-17 años, pertenecientes a las selecciones nacionales de natación, tenis de campo y gimnasia en sus diversas categorías. Los sujetos fueron evaluados con un mínimo de ropa en horas de la mañana, según el procedimiento descrito por ISAK (2001). Se midieron las variables antropométricas estatura (cm.), masa corporal (Kg.), panículos adiposos (en mm.) del tríceps, subescapular, supraespinal y pantorrilla media; anchuras bicondilares del húmero y fémur (cm); y los perímetros del brazo flexionado y pantorrilla media (cm.). De acuerdo a los objetivos planteados se decidió no discriminar la muestra en subgrupos, para disponer del mayor tamaño posible, con el objeto de verificar el comportamiento de las ecuaciones Rempel.

Se emplearon los procedimientos de Carter (1980) y Rempel (1994) para obtener el somatotipo antropométrico decimal a través del cálculo por ecuaciones derivadas de la planilla o proforma somatotípica, las cuales se indican a continuación:

A) *Procedimiento Carter:*

1. Endomorfia:

$$Endo = -0.7182 + ((0.1451 \sum PA) - (0.00068(\sum PA)^2) + (0.0000014(\sum PA)^3))$$

Donde: ? PA es la sumatoria de los valores de los panículos adiposo del: Tríceps, subescapular y supraespinal multiplicado a su vez por el resultado de dividir la altura del Phantom (170.18) / estatura del sujeto.

2. Mesomorfia:

$$Meso = (0.858 * DH) + (0.601 * DF) + (0.188 * PBFc) + (0.161 * PPc) - (E * 0.131) + 4.5$$

Donde: DH = Diámetro Bicondilar del Húmero; DF = Diámetro Bicondilar del Fémur; PBFc = Perímetro del Brazo Flexionado Corregido; E = Estatura.

Siendo los perímetros corregidos: (1) Del brazo = perímetro del brazo – (panículo del tríceps / 10) y (2) De la pantorrilla = perímetro de la pantorrilla – (panículo de pantorrilla media / 10)

3. Ectomorfia:

Como primer paso se calcula el índice ponderal (IP): $IP = \frac{Estatura(cm)}{\sqrt[3]{peso(Kg)}}$

De acuerdo al resultado se aplican las siguientes ecuaciones:

Si se cumple:

$$\begin{aligned} IP &\geq 40.75 \\ 38.28 &< IP < 40.75 \\ 38.28 &= IP \end{aligned}$$

Se aplica:

$$\begin{aligned} Ectomorfia &= ((IP)(0.732)) - 28.58 \\ Ectomorfia &= ((IP)(0.463)) - 17.63 \\ Ectomorfia &= 0.1 \end{aligned}$$

Si en el cálculo de la ecuación para cualquier componente se obtiene cero o un valor negativo, se asigna un valor de 0.1

B) *Ecuaciones Rempel:*

1. Endomorfia:

$$Endo = \left[3.269 \left(\ln \left(\sum 4PA * (170.18 / Estatura(cm)) \right) \right) \right] - 8.584$$

Donde: Ln = logaritmo natural; \sum 4PA es la sumatoria de los valores de los panículos adiposo del Tríceps, subescapular, supraespinal y pantorrilla media.

2. Mesomorfia:

$$Meso = \left[(170.18 / estatura(cm)) \left((0.1968 * PBFc) + (0.1681 * PPc) + (0.8973 * DH) + (0.6291 * DF) \right) \right] - 18.84$$

Donde: PBFc = Perímetro del Brazo Flexionado Corregido; DH = Diámetro Bicondilar del Húmero; DF = Diámetro Bicondilar del Fémur

Siendo los perímetros corregidos: (1) Del brazo = perímetro del brazo flexionado – (panículo del tríceps / 10) y (2) De la pantorrilla = perímetro de la pantorrilla – (panículo de pantorrilla media / 10)

3. Ectomorfia: $Ecto = 0.7325 \left(\frac{Estatura(cm)}{\sqrt[3]{peso(Kg)}} \right) - 28.58$

En todos los casos, cuando los resultados calculados resulten menores a la media unidad (1/2 o 0.5) y mayores de cero, se redondea automáticamente a la media unidad exacta (1/2 o 0.5), cuando los resultados son de cero o menores (por ejemplo, números negativos) estos son redondeados a la décima de unidad (0.1). El hecho de encontrar en una investigación resultados que presentan valores extremos son una buena razón para revisar los datos iniciales y comprobar si existen errores en los mismos.

Para el análisis estadístico se determinó el valor del somatotipo medio para el grupo en estudio, calculando el promedio aritmético simple de cada componente y se aplicaron las técnicas de análisis estadístico del somatotipo reportadas por Carter y col (1983), representadas por la **Distancia de Dispersión Somatotípica (SDD)**, que mide la distancia existente entre un sujeto y otro en la somatocarta o fuera de ella; el **Índice de Dispersión Somatotípica (SDI)** para el grupo, el cual indica la variabilidad de los somatotipos de los sujetos y la **Distancia Altitudinal Somatotípica (SAD)**, también llamada Distancia Posicional Somatotípica o Distancia Morfogénica del Somatotipo (Esparza y Alvero, 1993), que proporciona información sobre la configuración espacial de los somatotipos y es un indicador de la diferencia entre los mismos, a mayores valores, más heterogéneos serán éstos. Es importante destacar que cuando los valores del SDD o del SDI son mayores o iguales a dos unidades, Hebbelinck (citado por Esparza y Alvero, 1993) señala que se debe considerar estadísticamente significativo. Para el cálculo de estos estadísticos se utilizaron las siguientes ecuaciones:

Distancia de Dispersión Somatotípica (SDD): $SDD = \sqrt{3(X_1 - X_2)^2 + (Y_1 - Y_2)^2}$

Donde: X1 – Y1 y X2 – Y2 son las coordenadas de los dos somatotipos, que pueden ser de dos sujetos; de un sujeto y el somatotipo promedio de su grupo; de un sujeto y el somatotipo promedio de un grupo de referencia o de dos somatotipos promedios de dos poblaciones. El valor 3 es una constante que convierte las unidades del eje X en unidades del eje Y.

Índice de Dispersión Somatotípica (SDI): $SDI = \frac{\left(\sum_{i=1}^n SDD_{i1} \right)}{n}$

Donde: SDD es el valor de la distancia de dispersión somatotípica y n es el número de sujetos del grupo.

Distancia Altitudinal Somatotípica (SAD):

$$SAD = \sqrt{(I_A - I_B)^2 + (II_A - II_B)^2 + (III_A - III_B)^2}$$

Donde los valores de: IA, IIA y IIIA corresponden a las tres componentes del somatotipo A, o somatotipo bajo estudio y IB, IIB y IIIB son las del somatotipo B o somatotipo de referencia para el estudio

Media Altitudinal Somatotípica (SAM):

$$SAM = \frac{\left(\sum_{i=1}^n SAD_{i1} \right)}{n}$$

Donde: SAD es el valor de la distancia altitudinal somatotípica y n es el número de sujetos del grupo.

Adicionalmente, se compararon los resultados obtenidos por ambos procedimientos a través de una prueba t para muestras apareadas, la cual es equivalente a una prueba de significación del coeficiente de correlación (Spiegel, 1961). La ausencia de diferencias indica altas correlaciones entre las variables. El procesamiento estadístico de los datos se llevó a cabo con los paquetes estadísticos SPSS versión 10.0 y SYSTAT versión 10.

Resultados y discusión

Los resultados indican que al aplicar uno y otro conjunto de ecuaciones se obtienen valores muy similares para las tres componentes del somatotipo: endomorfia, mesomorfia y ectomorfia (Tabla 1), con un somatotipo medio de 3.4 - 4.4 - 2.8 mediante las ecuaciones de Carter y 3.6 - 4.3 - 2.8, con las de Rempel, lo cual corresponde en ambos casos a la categoría somatotípica meso-endomórfica.

Tabla 1. Componentes del Somatotipo Antropométrico Promedio (SM)

Somatotipo medio	Ecuaciones Heath-Carter	Ecuaciones Rempel
Endomorfia (I)	3.373	3.649
Mesomorfia (II)	4.380	4.289
Ectomorfia (III)	2.792	2.776
S M	3.4 - 4.4 - 2.8	3.6 - 4.3 - 2.8

Las distancias de dispersión del somatotipo (SDD) y su Índice de Dispersión Somatotípica (SDI) presentaron valores menores a dos unidades lo que implica, siguiendo la propuesta de Hebelinck (citado por Esparza y Alvero, 1993), la ausencia de diferencias estadísticamente significativas. Los valores de Distancia Altitudinal Somatotípica (SAD) y Media Altitudinal Somatotípica (SAM) resultaron relativamente

bajos, indicando un comportamiento muy similar entre las componentes del somatotipo según ambos procedimientos. Esto se aprecia con mayor claridad en la representación de los somatotipos individuales y medios en las somatocartas (Figura 2). En cuanto a la clasificación somatotípica por categorías (Figura 3), se observó un 70.73% de semejanza en la clasificación de los sujetos al comparar los resultados de ambos conjuntos de ecuaciones; siendo las categorías con mayor frecuencia, en el somatotipo según Carter: meso-endomórfico, ecto-mesomórfico y endomorfo-mesomorfo; mientras que las menos frecuentes fueron: ectomorfo balanceado, ecto-endomórfico y ectomorfo-endomorfo. Por otra parte, al aplicar la propuesta de Rempel, se destacan como las categorías más frecuentes: meso-endomórfico, endomorfo-mesomorfo y ecto-mesomórfico; siendo las de menor frecuencia endo-ectomórfico, ectomorfo-endomorfo, endomorfo balanceado y ecto-endomórfico.

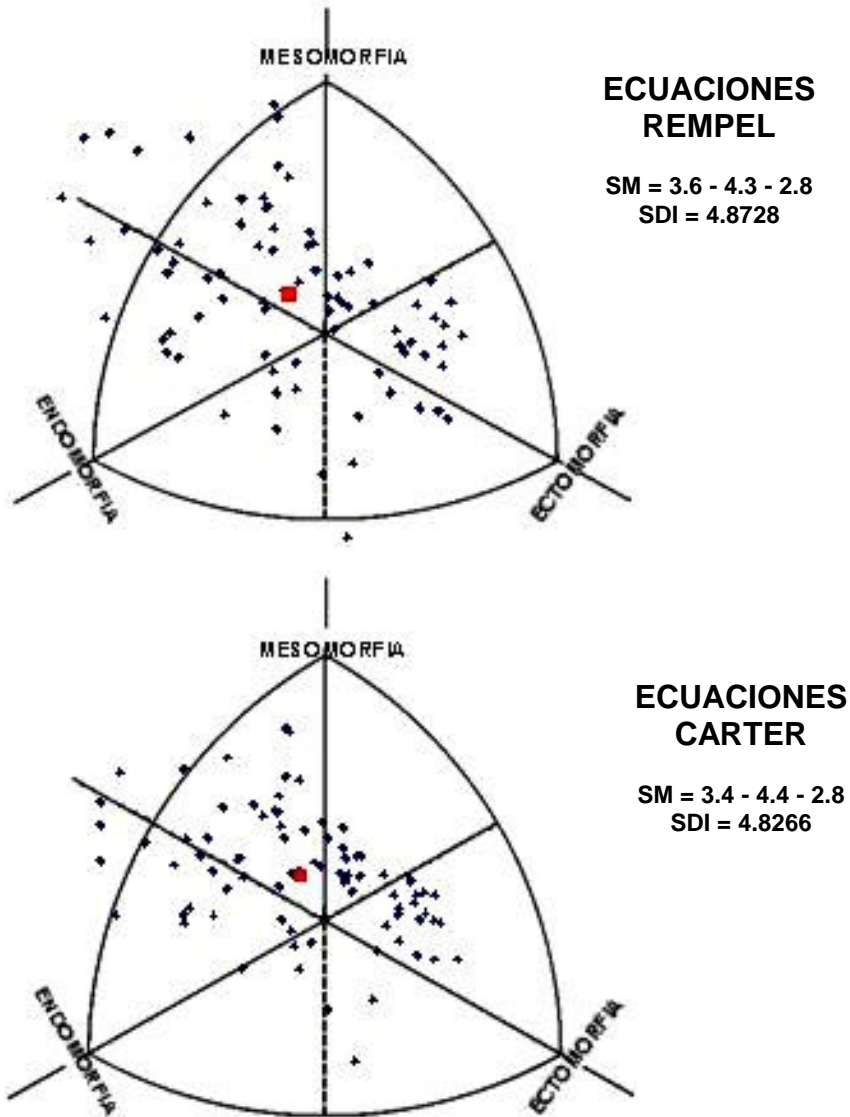


Figura 2. Somatogramas de los valores individuales y medios obtenidos para las ecuaciones rempel y carter

Considerando los resultados de las distancias de dispersión del somatotipo (SDD de cada sujeto) con el empleo de ambos grupos de ecuaciones, se destaca que el 98.78% muestra una diferencia menor a dos (2) unidades y el índice de dispersión de somatotipo (SDI) de éstas señala un valor que no supera la unidad. Esto indica que en general, no existen diferencias estadísticamente significativas entre las categorías del somatotipo. El análisis de la distancia altitudinal (SAD) de los somatotipos calculados por las fórmulas de Carter y Rempel para cada

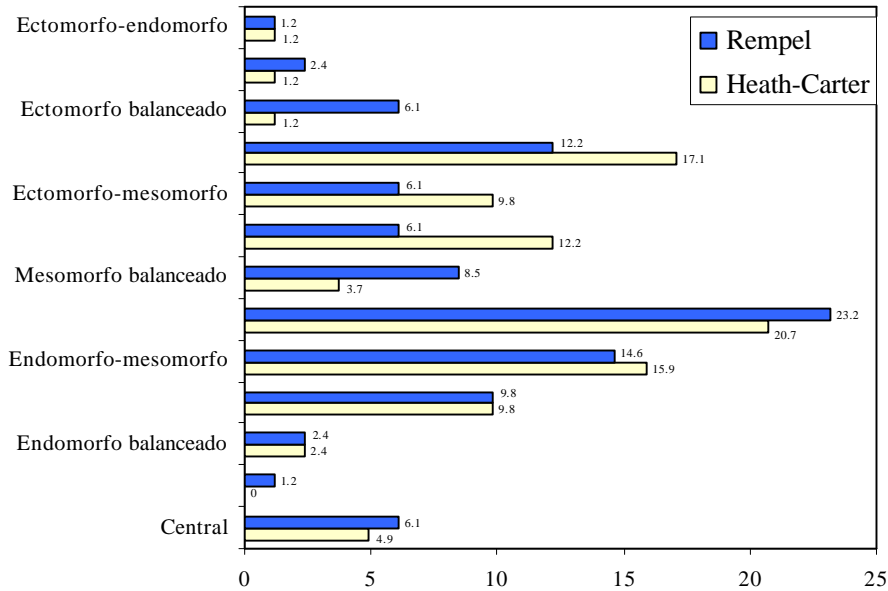


Figura 3. Porcentajes de clasificación por categorías somatotípicas en los atletas evaluados de acuerdo con las ecuaciones de Heath-Carter y Rod Rempel

sujeto, arrojó en todos los casos valores relativamente bajos (menores a la unidad y en algunos casos menores a la décima de unidad), mostrando en la media altitudinal del somatotipo (SAM) un resultado menor a la media unidad. Puesto que a menores valores del SAM, más homogéneo es el grupo, lo obtenido permite decir que el grupo de somatotipos derivados a partir de la aplicación de uno y otro conjunto de fórmulas resultaron muy similares entre sí. Los valores de SDI respecto del SM, indicaron una dispersión muy similar para los somatotipos determinados a partir de las ecuaciones de Carter (SDI = 4.8266) y Rempel (SDI = 4.8728), observándose que los mismos se diferencian sólo a partir de la centésima de unidad. Es decir, los sujetos estudiados con el método de Carter se encuentran ligeramente más agrupados alrededor de su somatotipo promedio que al aplicar las fórmulas de Rempel.

Por otra parte, los SAD de cada sujeto con respecto al SM de cada grupo de fórmulas presentan alta variabilidad, con valores que oscilan entre 0.3219 y 5.1375, resultando los SAM derivados de éstos muy parecidos (SAM Carter = 2.1310 y SAM Rempel = 2.0956). Este resultado contrasta con lo señalado para SDI, ya que en SAD la comparación se hace respecto de los valores obtenidos para cada componente, mientras que en SDI la comparación se establece respecto de las coordenadas (x,y) del somatotipo medio en la somatocarta.

Finalmente, se apreció una correlación lineal directa muy fuerte entre las componentes ($r=0.974$, $r= 0.997$ y $r= 0.998$, para la primera, segunda y tercera componente respectivamente), lo que a su vez indica la ausencia de diferencias estadísticamente significativas entre las estimaciones obtenidas por uno y otro método (Figura 4). La mayor correlación se encuentra en la tercera componente, seguida por la segunda, encontrándose la menor correlación en la endomorfia.

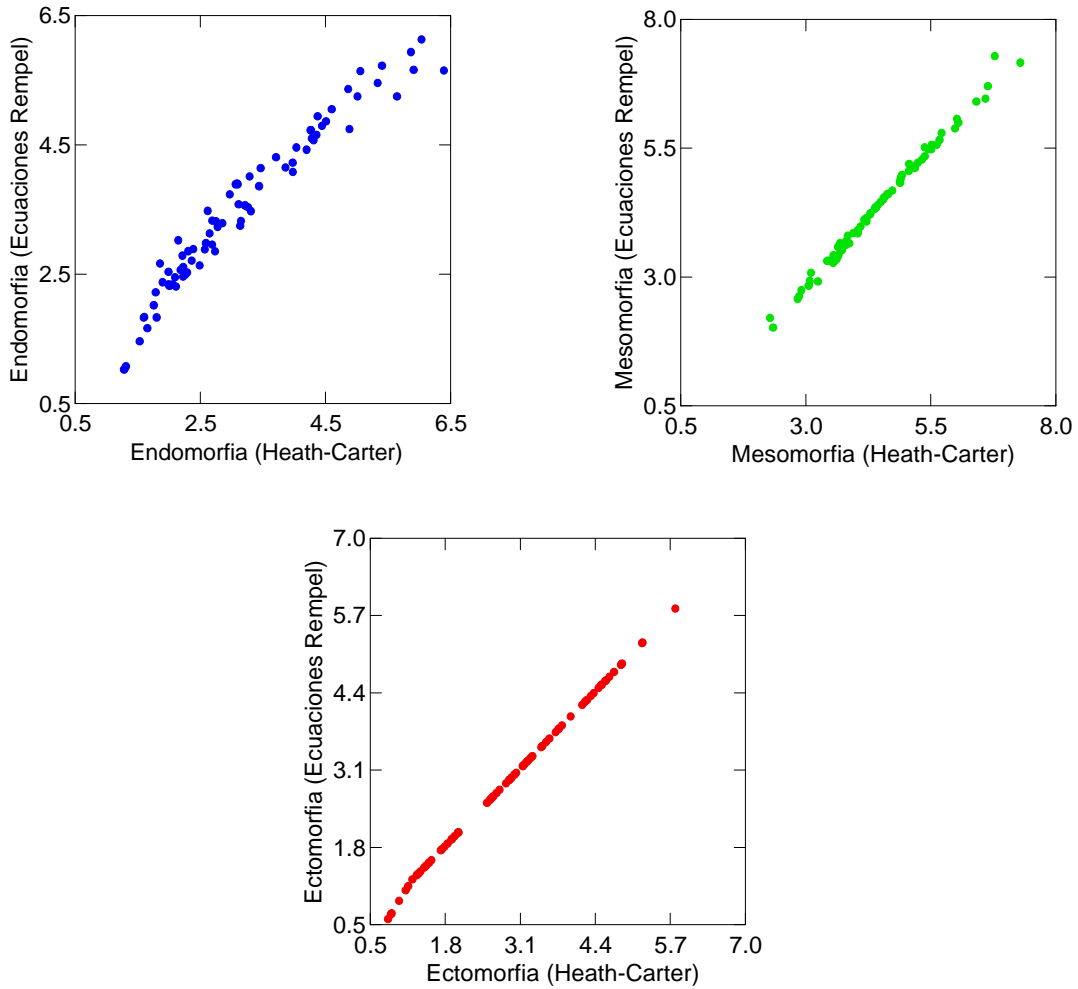


Figura 4. Diagrama de dispersión para las componentes del somatotipo según Heath-Carter y Rod Rempel

Conclusiones

Los resultados muestran gran similitud en las estimaciones de las componentes según uno y otro conjunto de fórmulas, observándose valores más bajos en la primera componente y más elevados para la segunda al aplicar las ecuaciones Rempel con respecto a las fórmulas de Carter; aún cuando las diferencias no son estadísticamente significativas. La alta correlación entre las componentes del somatotipo obtenidas por ambos métodos son un buen indicio para la validación de la propuesta Rempel, la cual podría implementarse como método alternativo y no sustitutivo en investigaciones biotipológicas. Las ecuaciones propuestas por Rempel conservan las ventajas de la representación gráfica de Heath-Carter. Asimismo, comparten los procedimientos de análisis de somatotipo, permitiendo un contraste directo con los resultados de investigaciones en las cuales se aplique el somatotipo antropométrico de Heath-Carter. Ventaja relevante si consideramos que este es el método de estudio de la forma física más empleado en

el ámbito mundial. Se recomienda desarrollar investigaciones en muestras diversas de mayor tamaño, discriminando por sexo y edad para observar su respuesta al dimorfismo sexual y a diferentes grupos de edad, étnicos, deportivos, etc., a fin de validar su aplicabilidad y confiabilidad en el estudio de la forma y composición corporal humana.

Bibliografía

- CARTER, J.E.L. (1980). *The Heath - Carter Somatotype Method*. 3rd edition. San Diego: San Diego State University.
- CARTER, J.E.L., ROSS, W.D., DUQUET, W., y AUBRY, S.P. (1983). Advances in somatotype methodology and analysis. *Yearbook of Physical Anthropology*. **26**: 193-213.
- CARTER, J.E.L y HEATH, B. H. (1990). *Somatotyping - Development and Applications*. Cambridge: Cambridge University Press.
- CARTER, J. E. L. (2000a) Método Antropométrico del Somatotipo de Heath-Carter. En: Norton, K y Olds T. (Eds). *Anthropometrica*. Biosystems. Servicio Educativo. Rosario-Argentina. Pp: 133-155.
- CARTER, J. E. L (2000b) The Anthropometric Heath-Carter Somatotype Method. En: De Ross, W. D.; Carr, R. V y Carter, J. E. L. *Anthropometry Illustrated: A Browser Based Interactive Textbook and Learning System*. Turpike Electronic Publications Inc. The Human Animal Series, Volume 1.
- ESPARZA ROS, F. y ALVERO, J. R. (1993). Somatotipo. En: Esparza Ros, F (Ed). *Manual de Cineantropometría*. Federación Española de Medicina del Deporte (FEMEDE), Colección Monografías de Medicina del Deporte FEMEDE. España. Pp: 67-93.
- GARCIA AVENDAÑO, P y PEREZ M., B. (2002) *Perfil Antropométrico y Control de Calidad en Bioantropología, Actividad Física y Salud*. Ediciones FACES/UCV. Caracas. 174 pp.
- GARCIA AVENDAÑO, P. (1990). *Nociones de Antropología Aplicada al Deporte*. Ediciones LAGOVEN. Caracas. 130 pp.
- HEATH, B.H. y CARTER, J.E.L. (1967). A modified somatotype method. *Am. J. Phys. Anthropol.* **27**: 57-74.
- INTERNATIONAL SOCIETY FOR THE ADVANCEMENT OF KINANTHROPOMETRY (ISAK). (2001) *Internacional Standarts for Anthropometric Assessment*. Ediciones ISAK. Australia.
- PEREZ de MENDEZ, B. (1981). *Los Atletas Venezolanos. Su tipo Físico*. Ediciones FACES/UCV, división de publicaciones. Caracas. 198 pp.
- REMPEL, Rod (1994). *A Modified Somatotype Assessment Methodology*. MSc Thesis, Simon Fraser University, Burnaby, BC, Canada. Citado por CARTER, J. E. L (2000a) En: *The Anthropometric Heath-Carter Somatotype Method*. Anthropometry Illustrated: A Browser Based Interactive Textbook and Learning System. De Ross, W. D.; Carr, R. V. y Carter, J. E. L. Turpike Electronic Publications Inc. – The Human Animal Series, Volume 1.
- SONG, T.M.K; MALINA, R.M y BOUCHARD, C. (1993). Familial Resemblance in Somatotype. *Am. J. Hum. Biol.* **5**: 265-272.
- SPIEGEL, M. (1961). *Estadística. Teoría y 850 problemas resueltos*. Serie Schaum. Mc-Gaw- Hill. Colombia.
- VILLANUEVA, M. (1991). *Manual de técnicas somatológicas*. Segunda Edición. Universidad Nacional Autónoma de México. México.

Abstract

The Heath-Carter anthropometric somatotype is the procedure to study the body shape and is the most commonly used in different areas, especially in the biomedical evaluation of athletes. Their use and development, it was create the Rempel equations in 1994, a new proposal to estimate the somatotype, that it dissociates the scales of stature's component, actually this equation are still not very well-known and used. The purpose of this study was to compare the values of the anthropometric somatotype obtained starting from the equations proposed by Rempel (1994), with regard to the results reported by Carter (1980to determinate its applicability and validity) in a group of Venezuelans sportsmen. Both methods were compared using the procedures of the somatotype analysis: Somatotype Mean (SM); Somatotype Dispersion Distance (SDD); Somatotype Dispersion Index (SDI); Somatotype Attitudinal Distance (SAD) and Somatotype Attitudinal Mean (SAM). Also, the correlation was analyzed among the both procedure, the results of the SDD and their SDI indicated absence of statically significantly differences. The SAD and SAM showed a low dispersion between the components, principally for the Rempel equations, being the MS of each other method Meso-endomorphic; being observed very high correlations among the component obtained by both proposals ($r = 0.974$, $r = 0.997$ and $r = 0.998$ for the first, second

and third component). In conclusion, the high correlation between the somatotype's components by both methods are a good indicia for the validation of Rempel's procedure, which will be able introduce as alternative but not substitutive method in biotipological assessments, in order to established it validity.

Comparative analysis of the Rempel equations to evaluate the somatotype of young Venezuelan sportsmen

Key words: somatotype, anthropometry; Heath- Carter; Rempel equations; sport; morphology