



Original/*Deporte y ejercicio*

# Elección del modelo de proporcionalidad antropométrica en una población deportista; comparación de tres métodos

Atilio Almagià<sup>1</sup>, Alberto Araneda<sup>2</sup>, Javier Sánchez<sup>1</sup>, Patricio Sánchez<sup>2</sup>, Maximiliano Zúñiga<sup>2</sup> y Paula Plaza<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Antropología Física y Anatomía Humana. Instituto de Biología. Facultad de Ciencias. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. <sup>2</sup>Escuela de Kinesiología. Facultad de Ciencias. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. <sup>3</sup>Laboratory of Integrative Neuroscience and Cognition, Department of Neuroscience, Georgetown University Medical Center, Washington, DC (U.S.A.) PhD. Kinesiólogo PUCV. Chile.

## Resumen

**Introducción:** la aplicación de modelos de proporcionalidad, basados en proporciones ideales, tendría un gran impacto en el deporte de alto rendimiento, debido a que los mejores deportistas tienden a asemejarse antropométricamente.

**Objetivo:** el objetivo de este estudio es comparar los métodos de proporcionalidad antropométrica: Phantom, Combinado y Escalable, en los campeones chilenos de fútbol masculino universitario de los años 2012 y 2013, ocupando como población de criterio a futbolistas profesionales sudamericanos, con el fin de encontrar el método de proporcionalidad más adecuado para poblaciones de deportistas.

**Metodología:** se realizó la evaluación de 22 variables kineantropométricas, según el protocolo ISAK, a una muestra constituida por 13 jugadores pertenecientes a la selección masculina de fútbol de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Se obtuvieron los valores Z de cada variable antropométrica de los diferentes métodos, usando sus fórmulas respectivas. Se usó como población de criterio a los futbolistas profesionales sudamericanos.

**Resultados:** se observó una tendencia semejante entre los tres métodos. Se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en los valores Z de los métodos Escalable y Combinado, respecto al método Phantom. No se encontraron diferencias significativas entre los resultados obtenidos por los métodos Combinado y Escalable, excepto en los perímetros radiocarpiano, cadera y muslo.

**Conclusión:** se propone la utilización del método Escalable sobre el método Combinado y Phantom para realizar la comparación de valores Z en variables kineantropométricas en deportistas de la misma disciplina.

(Nutr Hosp. 2015;32:1228-1233)

DOI:10.3305/nh.2015.32.3.9329

Palabras clave: *Antropometría. Deporte. Fútbol.*

**Correspondencia:** Atilio Aldo Almagià Flores.  
Laboratorio de Antropología Física y Anatomía Humana.  
Antropología Física de Poblaciones Vivas.  
Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile.  
E-mail: aalmagia@ucv.cl ; aalmagia@gmail.com

Recibido: 29-V-2015.  
Aceptado: 28-VI-2015.

## ANTHROPOMETRIC PROPORTIONALITY METHOD ELECTION IN A SPORT POPULATION; COMPARISON OF THREE METHODS

### Abstract

**Introduction:** the proportionality model application, based on ideal proportions, would have a great impact on high performance sports, due to best athletes to resemble anthropometrically.

**Objective:** the objective of this study was to compare the following anthropometric methods of proportionality: Phantom, Combined and Scalable, in male champion university Chilean soccer players in 2012 and 2013, using South American professional soccer players as criterion, in order to find the most appropriate proportionality method to sports populations.

**Method:** the measurement of 22 kinanthropometric variables was performed, according to the ISAK protocol, to a sample constituted of 13 members of the men's soccer team of the Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. The Z-values of the anthropometrics variables of each method were obtained using their respective equations. It was used as criterion population South American soccer players.

**Results:** a similar trend was observed between the three methods. Significant differences ( $p < 0.05$ ) were found in some Z-values of Scalable and Combined methods compared to Phantom method. No significant differences were observed between the results obtained by the Combined and Scalable methods, except in wrist, thigh and hip perimeters.

**Conclusion:** it is more appropriate to use the Scalable method over the Combined and Phantom methods for the comparison of Z values in kinanthropometric variables in athletes of the same discipline.

(Nutr Hosp. 2015;32:1228-1233)

DOI:10.3305/nh.2015.32.3.9329

Key words: *Anthropometry. Sport. Soccer.*

## Abreviaturas

PUCV: Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

ISAK: Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría

ANOVA: Análisis de Varianza

DE: Desviación Estándar.

## Introducción

La aplicación de modelos de proporcionalidad, basados en proporciones ideales, tendría un gran impacto en el deporte de alto rendimiento, debido a que los mejores deportistas tienden a asemejarse antropométricamente. La proporcionalidad antropométrica o alometría es la relación de las partes del cuerpo humano, tanto intra como inter sujetos. El uso de un modelo o ser humano de referencia ha sido propuesto desde la antigüedad. De esta manera, al realizar comparaciones antropométricas bajo un modelo de proporción, buscaríamos asemejar lo más posible alguna muestra con deportistas de élite y así predecir rendimiento deportivo y talento, entre otras. Uno de los modelos más usados es el Phantom, descrito por Ross y Wilson (1974)<sup>1</sup>. Este corresponde a una referencia humana asexual y arbitraria, con características antropométricas específicas. El principal uso de este modelo es ajustar y escalar las variables antropométricas para realizar comparaciones entre muestras o poblaciones. Sin embargo una de sus limitaciones es que si las muestras se alejan de los promedios estándar poblacionales, los resultados no son tan representativos<sup>2</sup>.

Otros modelos de proporcionalidad más actuales buscan presentar resultados más representativos. Éstos son el método Combinado<sup>3</sup> y el método Escalable<sup>4</sup>, que muestran resultados más útiles al comparar las muestras con poblaciones de características similares, las cuales difieren de las variables antropométricas del modelo Phantom<sup>4</sup>.

De esta manera, surge la interrogante sobre cuál de estos tres métodos de proporcionalidad antropométrica sería más adecuado utilizar cuando se busca realizar comparaciones entre una muestra de deportistas, tanto profesionales como amateurs, con una población de deportistas ideales.

El objetivo de este estudio es comparar los métodos de proporcionalidad antropométrica Phantom, Combinado y Escalable en los campeones chilenos de fútbol masculino universitario de los años 2012 y 2013, ocupando como población de criterio a futbolistas profesionales sudamericanos, con el fin de encontrar el mejor método de proporcionalidad para promover su uso en el deporte.

## Metodología

Se realizaron evaluaciones kineantropométricas a una muestra constituida por 13 jugadores pertenecientes a la

selección universitaria de fútbol masculino de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (PUCV) del año 2013. Los criterios de inclusión para participar en este estudio fueron pertenecer a la selección masculina de fútbol, no presentar lesiones y que hayan firmado el consentimiento informado. El procedimiento se realizó durante la pretemporada del equipo, con la menor ropa posible para facilitar el marcaje y medición, en una sala de evaluación adecuada, luego del vaciado urinario a primera hora de la mañana.

Se efectuó la medición de 22 variables kineantropométricas descritas por la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (ISAK, por sus siglas en inglés) a cada sujeto. Éstas fueron: 2 medidas básicas, 2 diámetros, 10 perímetros y 8 pliegues cutáneos. Todas las mediciones fueron realizadas por un kineantropometrista nivel II certificado por la ISAK, supervisada y acreditada por el Laboratorio de Antropología Física y Anatomía Humana de la PUCV. La masa corporal fue evaluada con una balanza análoga de marca Terraillon y el resto de las mediciones fueron realizadas con el Kit antropométrico Gaucho Pro Rosscraft certificado por la ISAK.

Se utilizó como población de criterio para la comparación de los valores Z obtenidos, a futbolistas sudamericanos profesionales evaluados en 1996 (n=110), datos publicados por Rienzi y Mazza en 1998<sup>5</sup>.

Los valores de Z-Phantom, fueron obtenidos según la fórmula propuesta por Ross y Wilson (1974), los valores Z-Combinado según las fórmulas propuestas por Lentini (2004) y los valores Z-Escalable por la fórmulas propuesta por Maestre y cols. (2005).

Estos tres métodos se compararon en función de sus valores Z obtenidos para cada variable antropométrica en cada uno de los jugadores de la selección universitaria de fútbol PUCV con respecto a los futbolistas profesionales sudamericanos (en el caso del método Phantom se utilizó la diferencia aritmética entre el Z-Universitarios y Z-Sudamericanos) a través del análisis estadístico ANOVA, cuando presentaban distribución normal, o Kruskal-Wallis, si es que presentaban valores atípicos. Se fijó un 95% como intervalo de confianza.

## Resultados

En la tabla I se muestran los valores Z obtenidos por los futbolistas universitarios y profesionales sudamericanos en cada variable antropométrica. Además, de los valores Z-Combinado y Z-Escalable de cada variable obtenida por el equipo PUCV con respecto a la población de criterio y la diferencia entre el Z-Phantom del equipo universitario y la población de criterio.

En las figuras 1 y 2, se muestra la comparación de los valores promedio Z-Phantom obtenidos por el equipo PUCV y de los futbolistas profesionales sudamericanos. Se puede observar que las variables presentan una misma distribución con respecto a Phantom, tanto para los universitarios como para los profesionales. En la

**Tabla I**

Tabla con valores Z promedio y desviación estándar obtenidos por los Universitarios PUCV y futbolistas profesionales sudamericanos en los distintos modelos de proporcionalidad antropométrica

Variable antropométrica	Equipo universitario PUCV (n = 13)				Fut. Prof. Sud. (n = 10)
	Z-Phantom	Dif. Z-Phantom (Univ. - Sud.)	Z-Combinado	Z-Escalable	Z-Phantom
Masa corporal	0,64 ± 0,55	0,35	-0,43 ± 0,99	0,49 ± 0,76	0,29
D. Humeral	0,98 ± 0,86	-0,15	-0,87 ± 1,12	-0,19 ± 1,08	1,13
D. Femoral	0,22 ± 0,75	-0,04	-0,77 ± 1,17	-0,04 ± 0,99	0,26
P. Brazo Relajado	1,47 ± 0,82	0,60	0,37 ± 1,02	0,93 ± 1,26	0,87
P. Brazo Flexionado en Tensión	0,96 ± 0,84	0,42	0,36 ± 1,05	0,92 ± 1,23	0,54
P. Antebrazo Máximo	0,88 ± 0,88	0,20	-0,45 ± 1,04	0,27 ± 1,21	0,68
P. Radiocarpiano	-0,50 ± 0,77	-0,50	-1,28 ± 0,61	-0,55 ± 0,86	-0,55
P. Tórax Mesoesternal	1,18 ± 0,87	0,22	-0,44 ± 1,16	0,32 ± 1,30	0,96
P. Cintura (mínima)	1,81 ± 0,95	0,33	-0,26 ± 1,43	0,53 ± 1,52	1,48
P. Cadera (máximo)	0,53 ± 0,55	0,77	0,50 ± 1,33	1,36 ± 0,98	-0,24
P. Muslo (máximo)	0,79 ± 0,55	0,59	0,38 ± 1,09	1,12 ± 1,04	0,20
P. Pierna (máxima)	1,05 ± 0,73	0,66	0,25 ± 0,97	0,82 ± 0,92	0,39
P Tobillo (mínima)	0,23 ± 0,96	0,19	-0,39 ± 1,22	0,26 ± 1,32	0,04
Pl. Triceps	-0,91 ± 0,70	0,90	2,09 ± 1,79	2,29 ± 1,77	-1,81
Pl. Subescapular	-1,18 ± 0,56	0,37	0,78 ± 1,49	0,94 ± 1,38	-1,55
Pl. Biceps	-1,33 ± 0,87	0,98	3,24 ± 3,14	3,65 ± 3,25	-2,31
Pl. Supracrestideo	0,09 ± 1,13	1,93	4,32 ± 2,60	4,56 ± 2,68	-1,84
Pl. Supraespinal	-0,89 ± 0,70	1,41	5,49 ± 2,85	5,67 ± 2,83	-2,30
Pl. Abdominal	-0,73 ± 0,66	1,21	2,93 ± 1,71	3,13 ± 1,69	-1,94
Pl. Muslo Central	-1,54 ± 0,53	0,71	2,80 ± 2,20	3,11 ± 2,32	-2,25
Pl. Pierna medial	-1,62 ± 0,63	0,81	3,08 ± 2,56	3,39 ± 2,63	-2,43

Fut. Prof. Sud: futbolistas profesionales sudamericanos. D: diámetro. P: perímetro. Pl: pliegue.

figura 1 se observa que ambos valores Z de los diámetros son mayores en los futbolistas sudamericanos, sin embargo no se observan diferencias estadísticamente significativas. Todos los valores Z-Phantom de los perímetros obtenidos por los universitarios son mayores que los de los futbolistas sudamericanos, a excepción del perímetro radiocarpiano. Lo contrario se observa en los valores Z-Phantom de pliegues cutáneos, en donde todos los valores son mayores en los jugadores universitarios con respecto a los sudamericanos. De estos pliegues, se destacan el de cresta ilíaca, supraespinal y abdominal, donde se alcanza una diferencia cercana a 2 desviaciones estándar (DE) entre ambas poblaciones. No se pudo realizar el análisis estadístico de varianza de las variables Z-Phantom debido a que solo estaba disponible el valor promedio de los futbolistas profesionales sudamericanos.

En la figura 2, se presentan los valores diferencia entre Z-Phantom, Z-Combinado y Z-Escalable obtenidos en cada variable antropométrica por el equipo

universitario PUCV en comparación con los futbolistas profesionales sudamericanos. Es importante señalar, que a medida que el valor obtenido se encuentra más cercano al valor cero, más parecida es dicha variable a la de la población de criterio.

Se observa, en general, un mismo patrón de distribución para cada variable Z, tanto en el método Combinado como Escalable, excepto en masa corporal y en los siguientes perímetros: antebrazo máximo, tórax mesoesternal, cintura mínima y tobillo mínimo. Además, es posible apreciar que cada variable Z-combinada obtiene un valor menor que los obtenidos en el Z-escalable, sin existir diferencias estadísticamente significativas entre ambos métodos, excepto para la variable de perímetro radiocarpiano ( $p < 0,05$ ).

Por otro lado, esta tendencia no se observa en los perímetros, en donde todos los valores Z-Combinado obtuvieron menor magnitud (incluso con valores negativos) en comparación al método Phantom y Escalable.

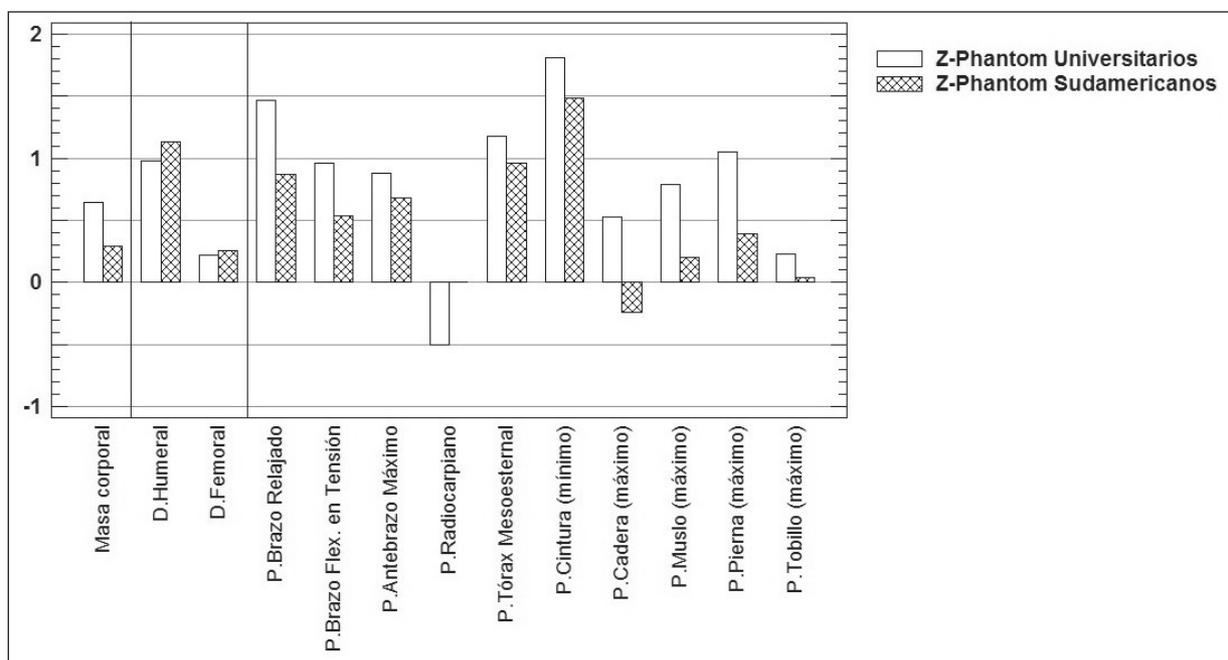


Fig. 1.—Valores Z-Phantom obtenidos por el equipo universitario PUCV y futbolistas profesionales sudamericanos, en las variables antropométricas: masa corporal, diámetros (D) y perímetros (P).

En pliegues cutáneos se observa que la tendencia es de mayores valores en el Z-Escalable, seguido por el Z-Combinado y por último la diferencia de Z-Phantom. Diferencias significativas fueron encontradas en los pliegues: tríceps, bíceps, supracrestídeo, supraespinal, abdominal, muslo frontal y pierna medial (Figura 4).

Por último, en los diámetros, los valores Z del método Escalable y Phantom son bastante semejantes, mientras que en el método Combinado se obtuvieron

valores más negativos. A pesar de lo anterior, no existe diferencia significativa entre estos tres métodos.

### Discusión

El método Phantom es un modelo de proporcionalidad comúnmente utilizado para comparar dos poblaciones. Sin embargo una de sus limitaciones es que si

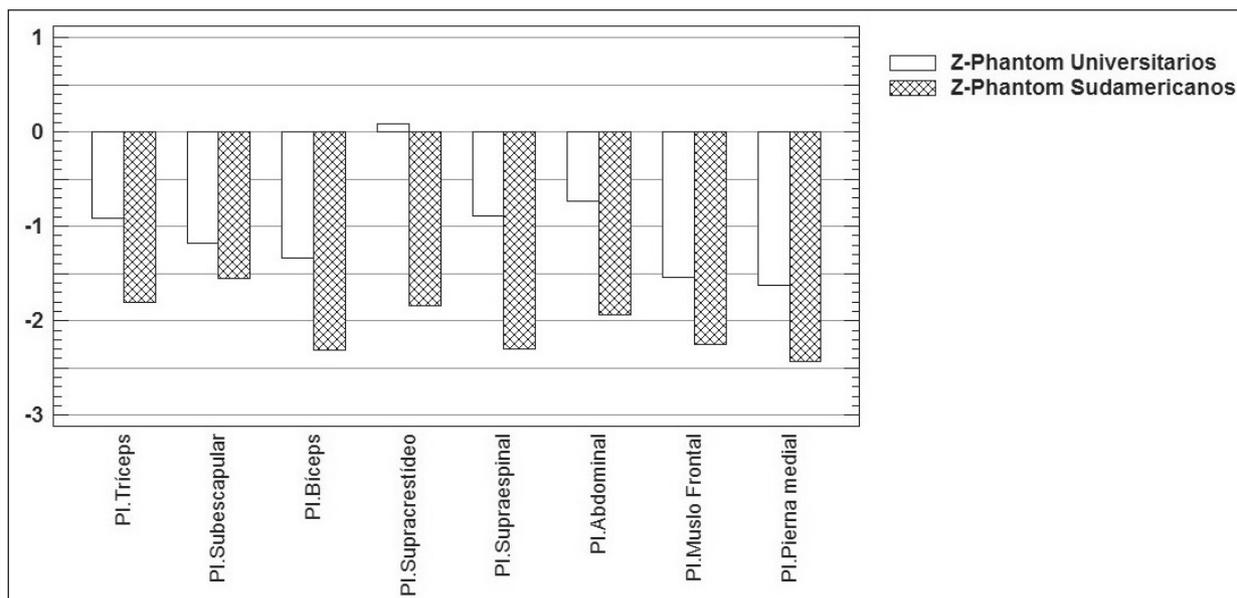


Fig. 2.—Valores Z-Phantom obtenidos por el equipo universitario PUCV y futbolistas profesionales sudamericanos en pliegues cutáneos (PI).

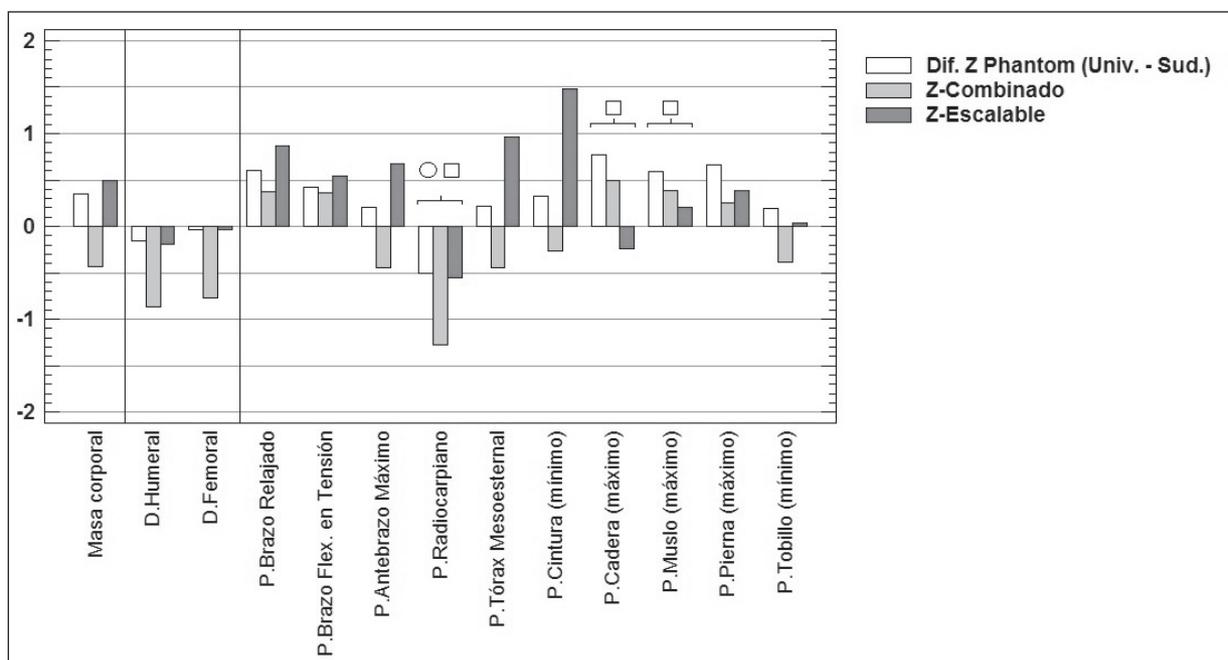


Fig. 3.—Comparación de los valores Z obtenidos de los métodos: Phantom (diferencia Z.Phantom Universitarios PUCV y Sudamericanos), Combinado y Escalable, en las variables antropométricas : masa corporal, diámetros (D) y perímetros (P). ○: Diferencia significativa entre método Phantom y Escalable ( $p < 0,05$ ; mediante ANOVA); □: Diferencia significativa entre método Combinado y Escalable ( $p < 0,05$ ; mediante ANOVA).

las muestras con patrones normales de distribución se alejan de los promedios estándar poblacionales, los resultados no son tan representativos<sup>2</sup>.

Al analizar las figuras 3 y 4, podemos observar que, si bien existen diferencias entre el equipo PUCV y los futbolistas profesionales sudamericanos en sus valo-

res Z-Phantom, éstas son más evidentes utilizando el método Combinado y Escalable. Dicho de otro modo, al ocupar el modelo Phantom, y no una población de criterio, se tendería a obtener valores Z más cercanos entre las poblaciones, enmascarando o atenuando la diferencia entre éstas. Además, es posible observar

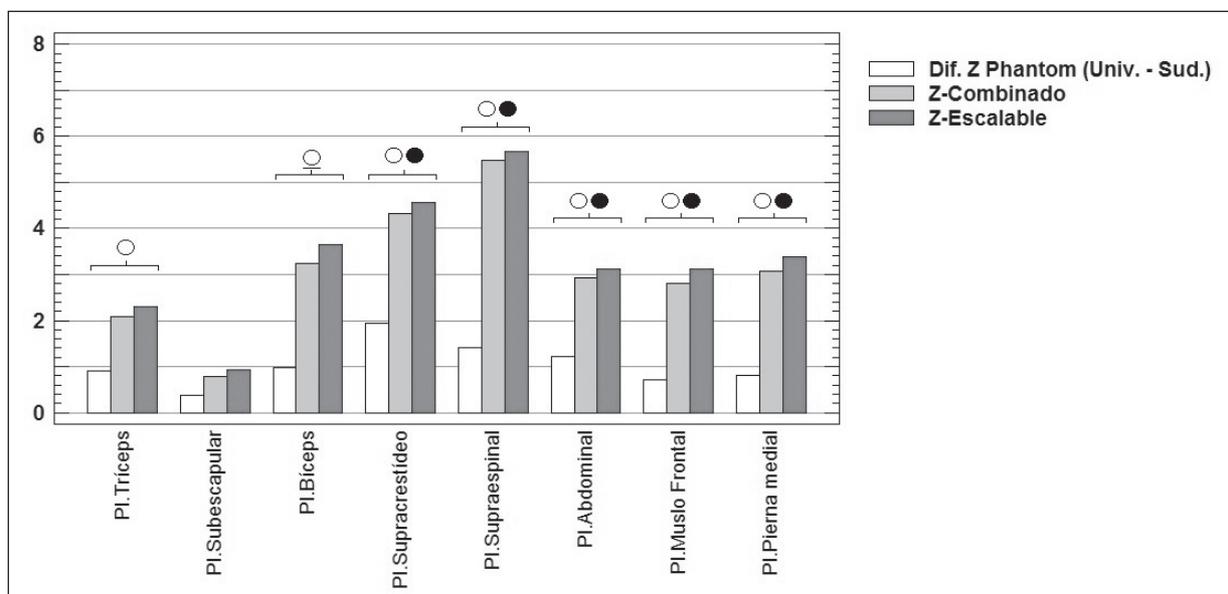


Fig. 4.—Comparación de los valores Z obtenidos de los métodos: Phantom (diferencia Z.Phantom Universitarios PUCV y Sudamericanos), Combinado y Escalable, en pliegues cutáneos (PI). ●: Diferencia significativa entre método Phantom y Combinado ( $p < 0,05$ ; mediante ANOVA); ○: Diferencia significativa entre método Phantom y Escalable ( $p < 0,05$ ; mediante ANOVA); □: Diferencia significativa entre método Phantom y Combinado ( $p < 0,05$ ; mediante Kruskal-Wallis).

que el método Combinado tiende a subestimar, en términos de magnitud, los valores Z en comparación al método Escalable. Lo anterior, puede llevar a imprecisiones de interpretación de los resultados, al sugerir que los jugadores PUCV tienen una morfología más cercana a la población de criterio, a diferencia de lo que nos muestra el modelo Escalable. Por otro lado, podemos corroborar la idea anteriormente señalada al comparar el método Escalable con la diferencia obtenida por los valores Z-Phantom de ambas poblaciones, en donde todos los valores Z-Escalable obtuvieron mayor magnitud en comparación con la diferencia de los valores Z-Phantom, sin embargo mantienen el mismo comportamiento con respecto a  $Z=0$ .

El método Combinado es inconsistente alométricamente en algunas variables en comparación a los métodos Phantom y Escalable; por ejemplo considerando que los pliegues de mayor magnitud según Z-combinado son los de supracrestídeo, supraespinal y abdominal, debería observarse esta distribución también en el perímetro de cintura mínima. Sin embargo se observa un valor Z negativo en este perímetro, a diferencia de lo que ocurre en los métodos Escalable y Phantom, en donde a mayores valores Z en pliegues, mayores valores Z en perímetros. Lo mismo se puede observar con el valor Z de la variable Masa corporal.

El método Combinado tiene como limitante no normalizar las variables Z respecto a la talla corporal, por lo que no se obtienen verdaderos índices de proporcionalidad<sup>2</sup>. Por ejemplo, en la figura 3, el método Combinado muestra algunos valores de DE negativos en variables antropométricas a diferencia de los métodos Phantom y Escalable.

Otra limitante se basa en que el referente "ideal" del método Combinado es una mezcla entre el Phantom y la población de criterio (futbolistas profesionales sudamericanos), por lo tanto, se estaría comparando la muestra con un referente inexistente asexual, híbrido, y con un nivel de actividad física indeterminado, donde el valor de las variables que toma esta combinación depende del tamaño de la población de criterio (en donde, a mayor "n", mayor semejanza a la población de criterio).

Esto se observa al comparar los valores Z obtenidos entre el método Combinado y Escalable, los cuales tienden a ser semejantes y podría deberse al tamaño de la población de criterio (110 futbolistas sudamericanos profesionales). A pesar de ello, se observaron diferencias significativas en tres valores Z, lo que confirma la ventaja de la utilización, en este tipo de poblaciones, del método Escalable por sobre los demás.

Queda en evidencia que existen diferencias en la interpretación de resultados al utilizar los métodos Phantom, Combinado y Escalable. Sin embargo, estas

diferencias son las que hacen más adecuado el uso del método Escalable, al comparar poblaciones cuyos valores normales están alejados del referente Phantom, en este caso, en población deportista. El uso del método Escalable ofrece resultados más específicos al ser comparados de manera más directa con el ideal a alcanzar. Esto facilita no sólo la interpretación de resultados, sino que además ayuda a tomar decisiones respecto al tipo de entrenamiento en deportistas y/o cambios nutricionales que busquen acercarse al valor Z-Escalable = 0 en las variables modificables, como son los masa corporal, perímetros y pliegues cutáneos.

## Conclusión

Se propone la utilización del método Escalable por sobre el método Combinado y Phantom, para realizar la comparación de valores Z en variables kineantropométricas en deportistas de la misma disciplina, enfocado siempre en buscar la similitud con la población de criterio, para así obtener mejores resultados en el rendimiento del deportista.

## Agradecimientos:

A José Miguel Alvarado, entrenador y técnico del equipo evaluado y a la selección masculina de fútbol de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso por su disposición y tiempo aportado para la realización de este estudio, al Instituto de Biología y a la Facultad de Ciencias de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile. Por último, a la Vicerrectoría de Investigación y Estudios Avanzados de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, por su constante apoyo en materia de investigación.

## Bibliografía

1. Ross W D y Wilson N C: A stratagem for proportional growth assessment. *Acta Paediatr Belg*, 1974, 169:182-28.
2. Cabañas M, Maestre-López M y Herrero de Lucas A. Estudio de dos propuestas sobre el modelo «phantom» de proporcionalidad de Ross y Wilson. *Biomecánica*, 2009, 7:12-16(1).
3. Lentini N A y Verde P E. El método combinado: una propuesta específica en proporcionalidad antropométrica. *Archivos de Medicina del Deporte*. 2004, 223:229-21(101).
4. Cabañas MD, Maestre MI, Herrero A. Modelo estándar de proporcionalidad ontogénica: Propuesta de modificación del modelo estándar de referencia en cineantropometría al estudio de poblaciones en crecimiento. XXII congreso de la Sociedad Anatómica Española. Murcia (Spain), 2005.
5. Rienzi E y Mazza J. Futbolista sudamericano de elite: morfología, análisis del juego y performance. *Argentina: Biosystem Servicio Educativo*, 1998.