

***Fitness* cardiorrespiratorio estimado mediante ecuación y su caracterización sociodemográfica en población chilena: Resultados de la Encuesta Nacional de Salud 2016-2017**

JAIME A. VÁSQUEZ-GÓMEZ^{1,13,a,f,g}, ALEX GARRIDO-MÉNDEZ^{2,a,f}, CARLOS MATUS-CASTILLO^{2,a,f}, FELIPE POBLETE-VALDERRAMA^{2,a,f}, XIMENA DÍAZ-MARTÍNEZ^{3,a,f}, YENY CONCHA-CISTERNAS^{4,5,b,g}, IGOR CIGARROA^{4,b,f}, MIQUEL MARTORELL^{6,7,d,f}, MARÍA ADELA MARTÍNEZ-SANGUINETTI^{8,d,g}, ANA MARÍA LEIVA-ORDOÑEZ^{9,c,g}, FANNY PETERMANN-ROCHA^{10,11,c,g}, CARLOS CELIS-MORALES^{10,12,13,a,f}

Sociodemographic Patterning of Cardiorespiratory Fitness Derived by Equation in the Chilean Population: Findings from the Chilean Health Survey 2016-2017

Background: *Cardiorespiratory fitness is a strong predictor of mortality and chronic diseases. However, its estimation is costly and time consuming which may limit its broad use in population-based studies.*
Aim: *To estimate the cardiorespiratory fitness of the Chilean population by using equations and to characterize fitness levels of the Chilean population by sociodemographic factors.*
Material and Methods: *This cross-sectional study included 5,958 adults from the Chilean Health Survey conducted between 2016 and 2017. Cardiorespiratory fitness was estimated from sex-specific equations for men and women and expressed as METs (Energy Metabolic Equivalent). Fitness levels were characterized by sociodemographic factors (age, sex, education, income and area of residency).*
Results: *Fitness levels were higher in men (9.01 METs) than in women (6.76 METs) and in average decrease by 0.59 and 0.34 METs per each year increment in age for men and women, respectively. Fitness levels were 12.7 METs and 7.8 METs for 20-year-old men and women, respectively. However, fitness levels decreased to 7.8 METs and 4.3 METs in 90-year-old men and women, respectively. Fitness levels were also higher in individuals living in urban setting, those with higher education or income levels and lean individuals.*
Conclusions: *This study reports fitness levels in a nationally representative sample of Chile. Fitness levels were higher in men than women however, its decline with age was more pronounced in men than women.*

(Rev Med Chile 2020; 148: 1750-1758)

Key words: *Cardiorespiratory Fitness; Aging; Obesity; Social Environment.*

¹Centro de Investigación de Estudios Avanzados del Maule (CIEAM), Vicerrectoría de Investigación y Postgrado, Universidad Católica del Maule. Talca, Chile.

²Departamento de Ciencias del Deporte y Acondicionamiento Físico, Universidad Católica de la Santísima Concepción. Concepción, Chile.

³Departamento Ciencias de la Educación, Grupo de Investigación de Calidad de Vida, Universidad del Bío-Bío. Chillán, Chile.

⁴Escuela de Kinesiología, Facultad de Salud, Universidad Santo Tomás, Chile.

⁵Pedagogía en Educación Física, Facultad de Educación, Universidad Autónoma de Chile. Chile.

⁶Departamento de Nutrición y Dietética, Facultad de Farmacia, Universidad de Concepción. Concepción, Chile.

⁷Centro de Vida Saludable, Universidad de Concepción. Concepción, Chile.

⁸Instituto de Farmacia, Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.

⁹Instituto de Anatomía, Histología y Patología, Facultad de Medicina, Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.

¹⁰BHF Glasgow Cardiovascular Research Centre, Institute of Cardiovascular and Medical Sciences. University of Glasgow. Glasgow, United Kingdom.

¹¹Institute of Health and Wellbeing. University of Glasgow. Glasgow, United Kingdom.

¹²Centro de Investigación en Fisiología del Ejercicio (CIFE). Universidad Mayor, Chile.

¹³Laboratorio de Rendimiento Humano, Grupo de Estudios en Educación, Actividad Física y Salud (GEEAFyS), Universidad Católica del Maule. Talca, Chile.

^aProfesor de Educación Física.

^bKinesiólogo.

^cNutricionista.

^dBioquímico.

^eBióloga.

^fPhD.

^gMSc.

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Trabajo no recibió financiamiento.

Recibido el 12 de marzo de 2020, aceptado el 19 de noviembre de 2020.

Correspondencia a:

Dr. Carlos Celis-Morales
 University of Glasgow, BHF Glasgow Cardiovascular Research Centre, Institute of Cardiovascular and Medical Sciences, Glasgow. G12 8TA. Glasgow, United Kingdom.
 carlos.celis@glasgow.ac.uk.

La práctica de actividad física (AF) se asocia a importantes beneficios para la salud, incluyendo una reducción en el riesgo de desarrollar enfermedades cardiovasculares, diabetes mellitus tipo 2 y cáncer¹⁻³. Un importante marcador de AF es el *fitness* cardiorrespiratorio⁴, el cual estima la capacidad respiratoria de nuestro organismo ante una prueba máxima o submáxima de esfuerzo⁵. Estudios previos han reportado que la evaluación del *fitness* cardiorrespiratorio podría ser incluso un mejor predictor del riesgo de mortalidad y enfermedades crónicas no transmisibles que la AF^{1,4}.

Si bien existe abundante evidencia de los beneficios asociados a mantener un alto *fitness* cardiorrespiratorio⁴, estimar esta capacidad funcional es complejo y de alto costo, lo cual limita su aplicación en estudios poblacionales de mayor escala. Una alternativa a estas limitaciones es la predicción del *fitness* cardiorrespiratorio mediante la generación de ecuaciones que no consideren la realización de ejercicio físico o prueba de esfuerzo⁶. Estos modelos predictivos se han aplicado desde hace algunos años para predecir el consumo de oxígeno en estudios epidemiológicos⁷, por lo que, al paso del tiempo, se ha planteado que estas ecuaciones pueden ser viables para evaluar en estudios poblacionales de gran envergadura, donde la aplicación de test directos o indirectos de consumo de oxígeno no es factible⁸. En la última década, algunos trabajos estimaron el *fitness* cardiorrespiratorio con fórmulas que no incorporaban el ejercicio físico para caracterizar a diferentes poblaciones⁹⁻¹². Más aun, ya existe evidencia de la asociación del *fitness*, estimado mediante ecuaciones disponibles en la literatura, con el riesgo de mortalidad y enfermedades cardiovasculares en estudios longitudinales^{13,14}. Si bien se han realizado investigaciones con muestras más reducidas en algunas zonas de Chile^{15,16}, e, inclusive, un estudio en estudiantes universitarios chilenos en donde se elaboró un modelo de predicción¹⁷, a la fecha no existen estudios que hayan aplicado estas ecuaciones para determinar los niveles de *fitness* cardiorrespiratorio en estudios de mayor escala y con representatividad nacional. Por tanto, los objetivos de esta investigación fueron estimar el *fitness* cardiorrespiratorio mediante la aplicación de ecuaciones de predicción y caracterizar los niveles de *fitness* según factores sociodemográficos en población chilena.

Material y Método

Diseño del estudio

Este estudio de corte transversal fue realizado con datos de la Encuesta Nacional de Salud (ENS) 2016-2017. La ENS es un estudio de prevalencia con representatividad nacional realizado en hogares en una muestra de tipo transversal aleatoria, estratificada por conglomerados con personas de 15 años o más, chilenas o extranjeras que residían habitualmente en viviendas particulares ocupadas, localizadas en zonas urbanas o rurales de las quince regiones de Chile. De un total de 6.233 participantes incluidos en la ENS 2016-2017, un total de 5.958 tenían información disponible en relación a factores sociodemográficos, marcadores de adiposidad y hábitos de vida, para derivar la variable de *fitness* cardiorrespiratorio (2.207 hombres y 3.751 mujeres). Para ponderar la muestra a población nacional, se aplicaron los factores de expansión sugeridos por la ENS 2016-2017, por lo cual, la muestra expandida incluida en este estudio representa 14.518.969 personas a nivel nacional (7.387.643 mujeres y 7.131.326 hombres). El protocolo fue aprobado por el Comité de Ética de la Escuela de Medicina de la Pontificia Universidad Católica de Chile (16-019) y todos los participantes firmaron un consentimiento informado.

Determinación del *fitness* cardiorrespiratorio

El *fitness* cardiorrespiratorio fue estimado mediante las ecuaciones de predicción propuestas por Cáceres et al.¹⁸, elaboradas en el contexto sudamericano, las cuales incluyeron las siguientes variables: edad (años), sexo (mujeres y hombres), peso corporal (kg), estatura (cm), hábito tabáquico (fumador regular u ocasional, exfumador o nunca ha fumado) y AF (activo o inactivo). Estas últimas dos medidas reportadas a través de anamnesis. Para calcular el *fitness* “fumador regular u ocasional” = 1 y “nunca ha fumado” = 0; activo = 1 e inactivo = 0. Las ecuaciones utilizadas para hombres y mujeres tuvieron un valor de $r = 0,71$ y $0,65$; $r^2 = 0,51$ y $0,42$; error de estimación de $7,3$ y $5,7$ $\text{mlO}_2 \cdot \text{kg} \cdot \text{min}^{-1}$, respectivamente (Tabla 1). De manera que estas fórmulas se elaboraron en base a una prueba de criterio con medición del consumo máximo de oxígeno ($\dot{V}\text{O}_{2\text{máx}}$) a través de método directo y en base a dicha medición directa se derivaron las ecuaciones de predicción del *fitness* cardiorrespiratorio. Las fórmulas esti-

man los niveles de *fitness* cardiorrespiratorio para hombres y mujeres y se expresa en $\text{mlO}_2 \cdot \text{kg} \cdot \text{min}^{-1}$, sin embargo, estos valores fueron convertidos a METs ($1 \text{ MET} = 3,5 \text{ mlO}_2 \cdot \text{kg} \cdot \text{min}^{-1}$)¹⁹.

Variables sociodemográficas y de estilos de vida

Las variables sociodemográficas incluidas fueron edad, sexo, zona geográfica, nivel educacional e ingreso económico. Los datos asociados con estilos de vida fueron el tabaquismo y los niveles de AF determinados mediante la aplicación del cuestionario “*Global Physical Activity Questionnaire*” (GPAQ v2)²⁰. Así, se estableció la prevalencia de inactividad física, la cual fue estipulada con los puntos de corte sugeridos por la Organización Mundial de la Salud ($< 600 \text{ MET} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{semana}^{-1}$)²⁰.

Mediciones antropométricas

Para la medición del peso corporal se utilizó una balanza electrónica digital Omron, modelo HN 289 (Omron Corporation, Kioto, Japón), (sensibilidad de 100 g, peso máximo de 150 kg), para la estatura se utilizó una cinta métrica metálica y para la circunferencia de cintura (CC) se utilizó cinta métrica inextensible. Todas las mediciones antes mencionadas fueron realizadas según técnica descrita en el Manual de Aplicación F2 de la ENS 2016-2017²¹. El estado nutricional se clasificó según índice masa corporal (IMC) en base a las recomendaciones para adultos: bajo peso $< 18,5 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$; normo peso: $18,5\text{-}24,9 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$; sobrepeso: $25,0\text{-}29,9 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ y obesidad $\geq 30,0 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ ²² y para población adulto mayor: bajo peso: $< 22,9 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$; normo peso: $23,0\text{-}27,9 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$; sobrepeso: $28,0\text{-}31,9 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ y obesidad: $\geq 32,0 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ ²³. Mientras, que la obesidad central fue definida por $\text{CC} \geq 88 \text{ cm}$ y $\geq 102 \text{ cm}$ en mujeres y hombres, respectivamente²⁴.

Análisis estadístico

Los datos de caracterización de la población estudiada son presentados como promedios para variables continuas o como proporción para variables categóricas con su respectivos 95% de

intervalo de confianza (95% IC) y según terciles. Para estimar si los niveles de *fitness* presentaron una tendencia significativa a disminuir o aumentar según características sociodemográficas (edad, sexo, nivel educacional, ingreso económico) se realizaron análisis de regresión lineal.

Para todos los análisis se utilizó el programa STATA MP v15 y el comando “svyset” para muestras complejas. Todos los resultados fueron estimados utilizando muestras expandidas acorde a los factores de expansión sugeridos por la ENS 2016-2017. El nivel de significación fue definido como $p < 0,05$.

Resultados

En la Tabla 2 se reportan las características de la población según terciles de *fitness* cardiorrespiratorio en hombres y mujeres. En comparación al tercil más bajo de *fitness* cardiorrespiratorio, mujeres y hombres en el tercil más alto presentaron una menor edad, menor IMC, menor CC, menor prevalencia de obesidad, una mayor prevalencia de nivel educacional, de ingreso económico, y de personas que autorreportaron ser fumador regular u ocasional.

En la Figura 1 se ilustra la distribución de los niveles de *fitness* según sexo en población chilena. Se observó un claro desplazamiento de la curva de distribución hacia un menor nivel de *fitness* en mujeres, mientras que para los hombres esta curva presentó una distribución más homogénea. Al describir los niveles de *fitness* de la población según edad, se observó que el *fitness* cardiorrespiratorio disminuyó en 0,59 y 0,34 METs por cada 1 año de incremento en edad en hombres y mujeres, respectivamente (Figura 2). Es así como los niveles de *fitness* cardiorrespiratorio observados en personas menores a 20 años fueron de 12,7 METs en hombres y 7,8 METs en mujeres, mientras que en personas de 90 años, estos fueron de 7,8 y 4,3 METs, respectivamente (Figura 2).

Tabla 1. Fórmulas de predicción del *fitness* cardiorrespiratorio utilizadas para población chilena

Sexo	Ecuación
Hombre	$39,390 - 0,409 (\text{edad años}) - 0,307 (\text{peso kg}) - 4,437 (\text{activo [1] o sedentario [0]}) + 0,254 (\text{estatura cm}) - 3,081 (\text{tabaquismo: si [1] o no [0]})$
Mujer	$31,733 - 0,244 (\text{edad años}) - 0,219 (\text{peso kg}) - 3,598 (\text{activo [1] o sedentario [0]}) + 0,151 (\text{estatura cm}) - 1,486 (\text{tabaquismo: si [1] o no [0]})$

Tabla 2. Características de la población según niveles de fitness cardiorrespiratorio en mujeres y hombres en Chile

	Terciles de fitness cardiorrespiratorio			Hombres Medio	Alto
	Mujeres Medio	Bajo	Alto		
Muestra encuestada (n)	1.251	736	736	736	735
Muestra expandida (n)*	2.296.659	529.244	529.244	1.532.001	4.886.316
Datos básicos (media, IC)					
Edad (años)	60,8 (59,5; 62,1)	43,4 (42,3; 44,4)	25,9 (24,6; 27,1)	59,4 (58,1; 60,8)	34,8 (33,7; 35,9)
Estatura (m)	1,53 (1,52; 1,54)	1,56 (1,55; 1,57)	1,58 (1,57; 1,59)	1,67 (1,66; 1,68)	1,71 (1,7; 1,713)
Peso (kg)	78,4 (76,8; 80)	71,2 (70; 72)	62,8 (61,7; 63,9)	84,1 (82,2; 86)	78,8 (77,6; 80,1)
IMC (kg·m ⁻²)	33,2 (32,6; 33,8)	28,9 (28,5; 29,3)	25 (24,6; 25,4)	29,9 (29,4; 30,5)	26,9 (26,6; 27,3)
Circunferencia de cintura (cm)	102,1 (100,9; 103,3)	91,6 (90,5; 92,8)	81,5 (80,2; 82,8)	100,7 (99,3; 102,1)	92 (91; 93)
Nivel educacional (%)					
Básica (< 8 años)	39 (34,5; 43,6)	13,6 (10,8; 16,9)	4,4 (2; 8,8)	23,4 (18,7; 28,8)	7,2 (5; 10)
Media (9 - 12 años)	49,8 (44,8; 54,7)	60,1 (55,3; 64,6)	56,4 (49,7; 62,9)	54,7 (47,4; 61,6)	56,6 (51,9; 61,1)
Alto (> 12 años)	11,2 (8,1; 15)	26,3 (22,2; 30,8)	39,2 (32,9; 45,8)	21,9 (15,9; 29,4)	36,2 (31,7; 40,8)
Niveles de ingreso (%)					
Bajo (< 250 mil CLP)	43,2 (38,1; 48,4)	27,5 (23,4; 31,9)	28,5 (22,3; 35,5)	24,2 (18,9; 30,3)	16,3 (13,3; 19,8)
Medio (251-450 mil CLP)	32,8 (27,6; 38,3)	34,9 (30,1; 40,1)	30,7 (24,2; 38,1)	37,8 (30,3; 45,8)	28,7 (24,4; 33,2)
Alto (> 450 mil CLP)	24 (19,4; 29,2)	37,6 (32,5; 42,8)	40,8 (33,9; 48,1)	38 (30,3; 46,3)	55 (50,1; 59,8)
Zona de residencia (%)					
Urbana	86,7 (84,3; 88,7)	89,4 (87,2; 91,1)	90,3 (86,7; 93)	86,7 (82,6; 89,8)	90,9 (88,5; 92,8)
Rural	13,3 (11,2; 15,6)	10,6 (8,8; 12,7)	9,7 (6,9; 13,2)	13,3 (10,1; 17,3)	9,1 (7,1; 11,4)
Estado nutricional (%)					
Bajo peso	1,7 (1; 2,7)	2,4 (1,5; 3,8)	0,6 (0,2; 1,9)	3,5 (1,9; 6,2)	1 (0,6; 1,7)
Normal	11,5 (9,3; 14,1)	16,7 (13,3; 20,6)	51,8 (45,1; 58,3)	15,6 (11,6; 20,6)	30,7 (26,6; 34,9)
Sobrepeso	25,4 (21,4; 29,6)	43,9 (39,1; 48,7)	39,1 (32,7; 45,8)	35,8 (23,3; 42,9)	45,7 (41,1; 50,3)
Obeso	61,4 (56,7; 65,9)	37 (32,5; 41,6)	8,5 (5,5; 12,8)	45,1 (37,9; 52,3)	22,6 (18,9; 26,7)
Obesidad central (%)					
Normal	12 (9,5; 14,8)	33,1 (28,8; 37,6)	78,1 (72; 83,2)	53,9 (46,7; 60,9)	83,3 (79,7; 86,3)
Obeso Central	88 (85,1; 90,4)	66,9 (62,3; 71,2)	21,9 (16,7; 27,9)	46,1 (39; 53,2)	16,7 (13,6; 20,2)
Prevalencia actividad física (%)					
Inactivo	20,9 (17,5; 24,8)	33,5 (29,1; 38,1)	40,8 (34,4; 47,6)	17,7 (13,7; 22,5)	18,1 (15; 21,8)
Activo	79,1 (75,2; 82,4)	66,5 (61,8; 70,8)	59,1 (52,3; 65,5)	82,3 (77,4; 86,2)	81,9 (78,1; 84,9)
Tabaquismo (%)					
Nunca ha fumado	57,8 (52,8; 62,6)	41,5 (36,9; 46,2)	48,4 (41,9; 55)	56,2 (45,1; 66,8)	31,7 (27,8; 36)
Ex fumador	24,1 (20,4; 28,1)	24,1 (20,1; 28,6)	19,5 (14,6; 25,6)	33,2 (23,7; 44,3)	23,9 (20,2; 28,1)
Fumador ocasional	3,6 (2; 6,4)	8,4 (6,7; 11,5)	9,8 (6,7; 14,2)	0,5 (0,1; 2)	11 (8,4; 14,3)
Fumador regular	14,3 (10,7; 19,3)	25,8 (21,9; 30,2)	22,1 (16,9; 28,3)	9,8 (4; 22,4)	33,2 (29; 37,7)

Datos presentados como promedios para variables continuas o prevalencia para variables categóricas y sus respectivos 95% intervalos de confianza (95% IC). Todos los datos fueron ponderados por el factor de expansión para población nacional de la ENS 2016-2017. *Muestra expandida a población nacional; CLP: pesos chilenos; IMC: índice de masa corporal.

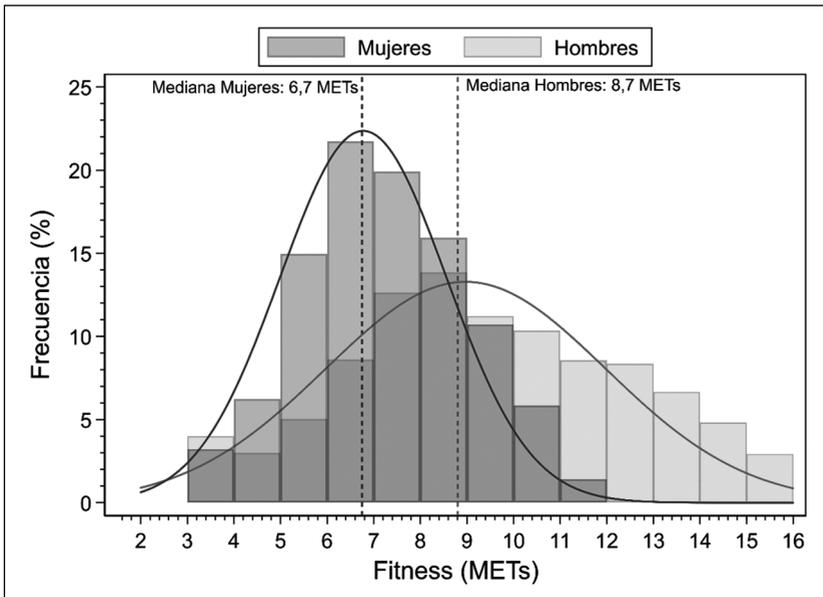


Figura 1. Distribución de los niveles de *fitness* cardiorespiratorio en mujeres y hombres. Datos presentados como porcentaje según niveles de *fitness* cardiorespiratorio. La mediana de *fitness* para hombres y mujeres se presenta con la línea vertical punteada. Para ponderar la muestra a población nacional, se aplicaron los factores de expansión sugeridos por la ENS 2016-2017, por lo cual, la muestra expandida incluida en este estudio representa 14.518.969 personas a nivel nacional (7.387.643 mujeres y 7.131.326 hombres).

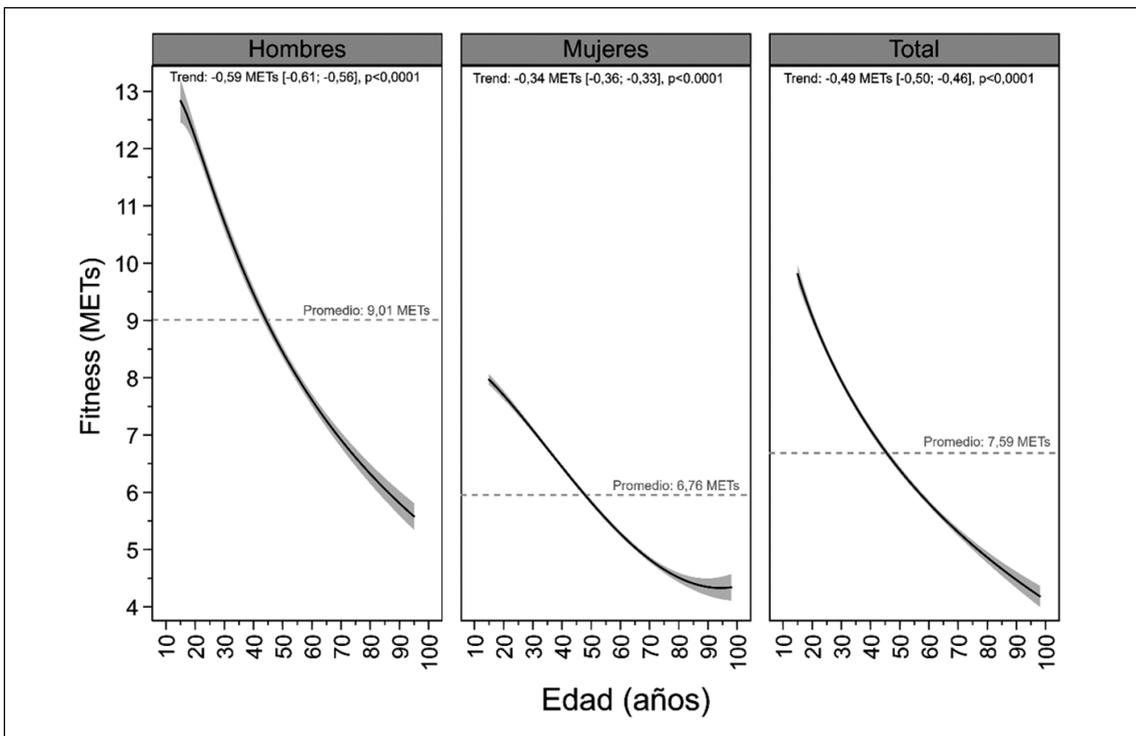


Figura 2. Tendencia del nivel de *fitness* cardiorespiratorio en función de la edad y sexo. Datos presentados como promedio de METs de *fitness* cardiorespiratorio y sus 95% de IC según edad para cada sexo y el total de la muestra. Para ponderar la muestra a población nacional, se aplicaron los factores de expansión sugeridos por la ENS 2016-2017, por lo cual, la muestra expandida incluida en este estudio representa 14.518.969 personas a nivel nacional (7.387.643 mujeres y 7.131.326 hombres). P-trend fue estimado con análisis de regresión lineal e indica el cambio equivalente en METs por cada año de incremento en edad. El promedio de METs para hombres, mujeres y la población total se presenta con la línea punteada de color gris (1 MET = 3,5 mlO₂·kg·min⁻¹).

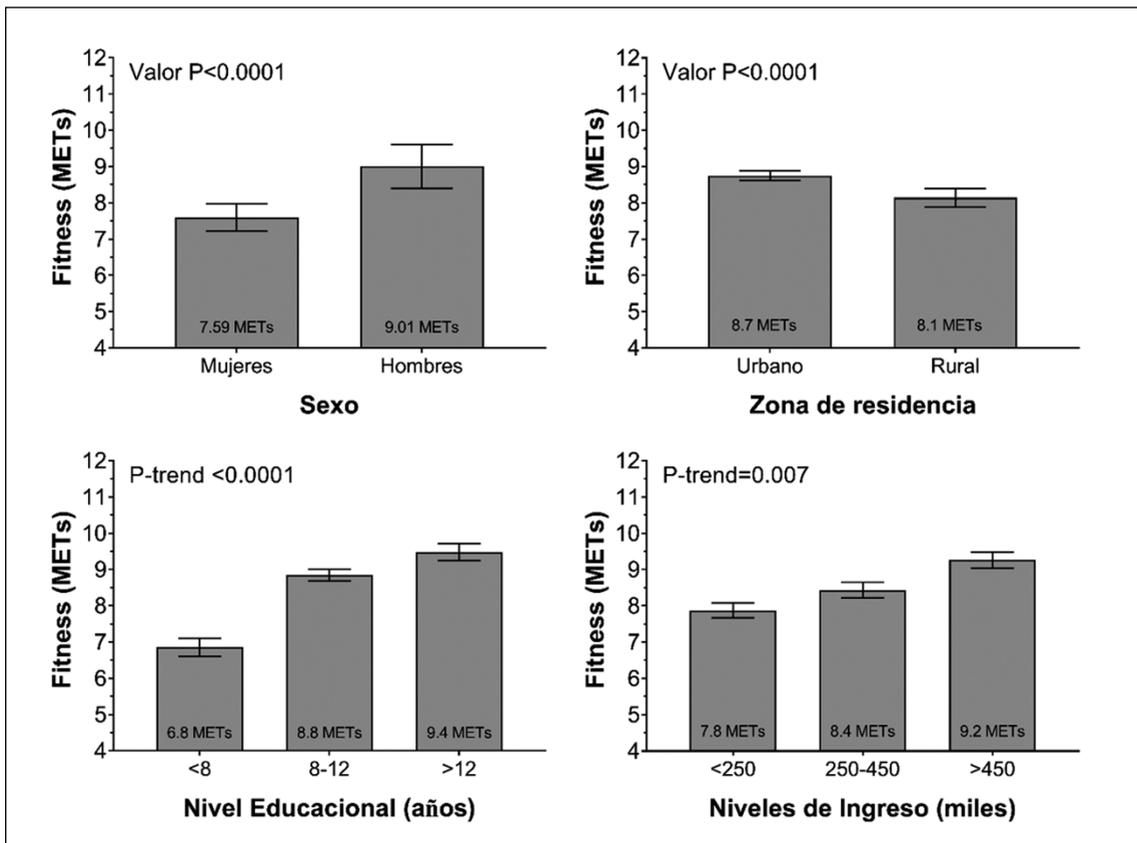


Figura 3. Niveles de *fitness* cardiorrespiratorio según sexo, zona de residencia, nivel educacional e ingreso económico. Datos presentados como promedio de METs de *fitness* cardiorrespiratorio y sus 95% de IC según factores sociodemográficos. Promedios fueron ponderados a población nacional.

Al comparar los niveles de *fitness* cardiorrespiratorio según otros factores sociodemográficos (Figura 3), se identificó una tendencia a presentar mayores niveles de *fitness* en personas que vivían en zonas urbanas versus aquellas de zonas rurales, en personas con mayores niveles de educación o mayores niveles de ingreso económico en comparación a aquellas con menor nivel educacional o de ingreso.

Discusión

Los principales resultados de este estudio corroboran la fuerte asociación que existe entre la predicción del *fitness* cardiorrespiratorio y edad, como también así la marcada diferencia que existe entre mujeres y hombres. Cabe destacar que, si

bien el *fitness* cardiorrespiratorio es un fuerte predictor de salud, morbilidad y mortalidad prematura, su estimación es compleja e involucra un alto costo operativo, por lo cual, formas alternativas de estimar el *fitness*, como lo son las ecuaciones de predicción, podrían ofrecer una alternativa viable para poder cuantificar los niveles de *fitness* en estudios de gran escala y sin incurrir en grandes gastos operacionales.

En la presente investigación, el *fitness* cardiorrespiratorio disminuyó conforme aumentó la edad, siendo de 44,4 y 27,3 $\text{mlO}_2 \cdot \text{kg} \cdot \text{min}^{-1}$ en hombres y mujeres menores de 20 años y de 27,3 y 15,1 $\text{mlO}_2 \cdot \text{kg} \cdot \text{min}^{-1}$ en mayores de 90 años, respectivamente. Estudios transversales a gran escala reportaron la misma tendencia, donde el *fitness* cardiorrespiratorio medido directamente disminuyó desde 43 hasta los 24 $\text{mlO}_2 \cdot \text{kg} \cdot \text{min}^{-1}$ en

personas de 20 en relación a > 70 años, respectivamente²⁵. Resultados similares han sido reportados para *fitness* estimado mediante ecuación, donde los niveles de *fitness* disminuyeron desde 39-44 hasta 20-24 mlO₂·kg·min⁻¹ en personas de 20 años respecto a los > 70 años²⁵. Esta disminución, además, se ha presentado a medida que aumentó la edad cronológica en población estadounidense, la cual se ha evaluado con método directo²⁶ y en población brasileña en que se ha predicho a través de ecuación²⁷. Trabajos longitudinales también han reportado la caída del $\dot{V}O_2$ máx. medido con método directo en la medida que envejece la población en países norteamericanos, de Europa, Medio Oriente, Asia y Sudamérica²⁸ y en población sueca estimado con test de esfuerzo²⁹. Este comportamiento del $\dot{V}O_2$ máx. se corroboró en la población chilena estudiada.

En nuestro estudio, el $\dot{V}O_2$ máx. promedio en los hombres fue de 31,5 y en las mujeres de 23,6 ml·kg·min⁻¹, respectivamente. Estos resultados concuerdan con un abundante nivel de evidencia científica generada en países de alto ingreso económico, donde se ha reportado que los hombres poseen un mayor nivel de *fitness* cardiorrespiratorio que las mujeres^{25,26,30-32} y que estos valores son más altos respecto a la población chilena. Dichas diferencias están explicadas principalmente por diferencias hormonales, es decir, una mayor concentración de testosterona y desarrollo muscular, por ende, un mayor nivel de *fitness* cardiorrespiratorio en hombres en comparación a mujeres¹⁹.

A la fecha, existen varios estudios que han utilizado modelos de ecuaciones para estimar el *fitness* cardiorrespiratorio y que caracterizan sus niveles acorde a diferentes variables demográficas, morfológicas y hábitos de vida. Se han utilizado variables como la edad, sexo, IMC, estatura, peso corporal y cuestionarios sobre AF³³⁻³⁵; también se ha incorporado la presencia o no de la frecuencia cardíaca de reposo¹², e inclusive se elaboró una fórmula predictiva en donde se incluyó la AF de tiempo libre⁹. Sumado a este último componente, se ha adherido el tiempo e intensidad dedicados a la AF y el hábito de fumar¹⁰, e, inclusive, en jóvenes sanos se ha utilizado el nivel de AF del cuestionario IPAQ (*International Physical Activity Questionnaire*)¹¹. En un reciente estudio realizado en estudiantes universitarios chilenos, se consideraron variables antropométricas, signos vitales en reposo y de hábitos de vida, como fumar y la frecuencia

de AF, con el propósito de elaborar un modelo para predecir el $\dot{V}O_2$ máx., demostrándose que sí es posible explicar la variabilidad del *fitness* cardiorrespiratorio¹⁷. Las variables que utilizamos en esta investigación poblacional coinciden con algunas de las recientemente descritas, en este caso demográficas, como la edad y el sexo, estatura, peso corporal, además de estilos de vida como hábito tabáquico y AF. Por lo tanto, creemos que la determinación del *fitness* cardiorrespiratorio a través de ecuaciones de predicción permitiría incluir este importante marcador de salud en futuras investigaciones en población nacional, especialmente aquellas relacionadas a la última ENS 2016-2017. Respecto a lo anterior, existe abundante y consistente evidencia científica que asocia la capacidad cardiorrespiratoria con el aumento en el riesgo de desarrollar enfermedades cardiovasculares, cáncer y riesgo de mortalidad prematura^{1-3,14,36,37}. En el contexto chileno, se ha reportado que el *fitness* cardiorrespiratorio ha tenido relaciones inversas y significativas con la adiposidad corporal (CC y perímetro de cadera) y con marcadores metabólicos, como presión arterial, niveles de glicemia e insulina, triglicéridos y colesterol total en adultos¹⁵, estimándose que todo el perfil cardiometabólico mejoraría al aumentar los niveles de *fitness* en 1 MET. También se ha reportado que, en general, la mortalidad por todas las causas, por enfermedad cardiovascular y cáncer disminuyen su riesgo al aumentar 1 mlO₂·kg de masa libre de grasa·min⁻¹³⁷. Estos hallazgos refuerzan la idea de que cuantificar y poder determinar los niveles de *fitness* cardiorrespiratorio de la población chilena, con técnicas de menor costo operativo, podrían ser un importante factor de predicción en salud, sobre todo considerando el actual perfil epidemiológico y alta prevalencia de multimorbilidad de la población. En el futuro, esta información podría servir para elaborar guías o pautas para la evaluación, monitoreo y desarrollo del *fitness* cardiorrespiratorio en población chilena.

Las principales fortalezas de este estudio son, por un lado, que es la primera investigación que predice el *fitness* cardiorrespiratorio en Chile con datos de una muestra que es representativa de la población, en un rango de edades amplio. Por otra parte, la estimación del *fitness* cardiorrespiratorio demuestra lo acumulado en el organismo por varios meses, lo que repercute en un efecto a largo plazo en la salud de las personas. Una

potencial limitación de la investigación es que el *fitness* cardiorrespiratorio se estimó con ecuaciones disponibles en la literatura, pero que, como se ha refrendado en el texto, estos modelos son factibles de aplicar en estudios poblacionales de mayor escala.

En conclusión, el *fitness* cardiorrespiratorio es más alto en las personas que tienen un mayor nivel de ingreso económico y mayor cantidad de años de estudio, también se ve atenuado en las personas que tienen mayor peso corporal, IMC y CC, además, es menor en las mujeres que en los hombres, y disminuye conforme incrementa la edad. Este estudio presenta una forma alternativa y de bajo costo para la estimación del *fitness* cardiorrespiratorio que podría ser de utilidad para la cuantificación de este importante predictor de salud en población chilena.

Agradecimientos: Se agradece de manera especial a todos los participantes de la ENS 2016-2017, al equipo profesional de la Escuela de Salud Pública de la Facultad de Medicina de la Pontificia Universidad Católica de Chile, quienes desarrollaron y aplicaron la Encuesta Nacional de Salud, y al Ministerio de Salud del Gobierno de Chile.

Referencias

1. Celis-Morales C, Lyall DM, Steell L, Gray SR, Iliodromiti S, Anderson J, et al. Associations of discretionary screen time with mortality, cardiovascular disease and cancer are attenuated by strength, fitness and physical activity: findings from the UK Biobank study. *BMC Med* 2018; 16 (77): 1-14.
2. Celis-Morales C, Gray S, Petermann F, Iliodromiti S, Welsh P, Lyall DM, et al. Walking pace is associated with lower risk of all-cause and cause-specific mortality. *Med Sci Sports Exerc* 2019; 51 (3): 472-80.
3. Celis-Morales C, Lyall DM, Welsh P, Anderson J, Steell L, Guo Y, et al. Association between active commuting and incident cardiovascular disease, cancer, and mortality: prospective cohort study. *BMJ* 2017; 19 (357): 1456.
4. Steell L, Ho FK, Sillars A, Petermann-Rocha F, Li H, Lyall DM. Dose-response associations of cardiorespiratory fitness with all-cause mortality and incidence and mortality of cancer and cardiovascular and respiratory diseases: the UK Biobank cohort study. *Br J Sports Med* 2019; 53 (21): 1371-8.
5. Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee IM, et al. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc* 2011; 43 (7): 1334-59.
6. Maranhao Neto GA, Oliveira AJ, Pedreiro R, Marques Neto S, Luz LG, Silva HC, et al. Prediction of cardiorespiratory fitness from self-reported data in elderly. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum* 2017; 19 (5): 545-53.
7. Jackson AS, Blair SN, Mahar MT, Wier LT, Ross RM, Stuteville JE. Prediction of functional aerobic capacity without exercise testing. *Med Sci Sports Exerc* 1990; 22 (6): 863-70.
8. Ramírez Vélez R, Agredo Zuñiga RA, Ortega Ávila JG, Dosman González VA, López Alban CA. Análisis comparativo del VO₂máx estimado mediante las ecuaciones desarrolladas por Jackson et al y el American College of Sport Medicine en corredores de maratón. *Apunts Med Esport* 2009; 44 (162): 57-65.
9. Duque IL, Parra JH, Duvallet A. A new non exercise-based VO₂max prediction equation for patients with chronic low back pain. *J Occup Rehabil* 2009; 19 (3): 293-9.
10. Jang TW, Park SG, Kim HR, Kim JM, Hong YS, Kim BG. Estimation of maximal oxygen uptake without exercise testing in Korean healthy adult workers. *Tohoku J Exp Med* 2012; 227 (4): 313-9.
11. Schembre SM, Riebe DA. Non-exercise estimation of VO₂max using the international physical activity questionnaire. *Meas Phys Educ Exerc Sci* 2011; 15 (3): 168-81.
12. Sloan RA, Haaland BA, Leung C, Padmanabhan U, Koh HC, Zee A. Cross-validation of a non-exercise measure for cardiorespiratory fitness in Singaporean adults. *Singap Med J* 2013; 54 (10): 576-80.
13. Edwards MK, Loprinzi PD. All-cause mortality risk as a function of sedentary behavior, moderate-to-vigorous physical activity and cardiorespiratory fitness. *Phys Sportsmed* 2016; 44 (3): 223-30.
14. Al-Mallah MH, Qureshi WT, Keteyian SJ, Brawner CA, Alam M, Dardari Z, et al. Racial differences in the prognostic value of cardiorespiratory fitness (results from the Henry Ford Exercise Testing Project). *Am J Cardiol* 2016; 117 (9): 1449-54.
15. Cristi-Montero C, Ramírez-Campillo R, Álvarez C, Garrido-Méndez A, Martínez MA, Díaz-Martínez X, et al. Fitness Cardiorrespiratorio se asocia a una mejora en marcadores metabólicos en adultos chilenos. *Rev Med Chile* 2016; 144 (8): 980-89.
16. González A, Achiardi O. Relación entre capacidad ae-

- róbica y variables antropométricas en mujeres jóvenes físicamente inactivas de la ciudad de Concepción, Chile. *Rev Chil Nutr* 2016; 43 (1): 18-23.
17. Vásquez-Gómez J, Souza de Carvalho R, Faundez-Casanova C, Castillo-Retamal M, Castillo-Retamal F. Un modelo para predecir el consumo de oxígeno según signos vitales y hábitos de vida en estudiantes universitarios. *Rev Med Chile* 2019; 147 (11): 1437-42.
 18. Cáceres JM, Ulbrich AZ, Panigas TF, Benetti M. A non-exercise prediction model for estimation of cardiorespiratory fitness in adults. *Braz J Kinathrop Hum Perform* 2012; 14 (3): 287-95.
 19. Wilmore JH, Costill DL. Introducción a la fisiología del esfuerzo y del deporte. Fisiología del esfuerzo y del deporte, 6ª ed. Barcelona: Editorial Paidotribo; 2007.
 20. OMS. Global Physical Activity Questionnaire, GPAQ version 2.0. 2009. Organización Mundial de la Salud. Disponible en: https://www.who.int/ncds/surveillance/steps/resources/GPAQ_Analysis_Guide.pdf [Consultado el 13 de septiembre de 2019].
 21. MINSAL. Encuesta Nacional de Salud 2016-2017. 2017. Chile: Ministerio de Salud [Consultado el 15 de julio de 2019].
 22. OMS. Obesity, Preventing and Managing the Global Epidemic. 2000. Organización Mundial de la Salud. Disponible en: http://www.who.int/nutrition/publications/obesity/WHO_TRS_894/en/ [Consultado el 9 de marzo de 2019].
 23. OPS. Parte 1, Módulos de Valoración Clínica, Módulo 5 Valoración Nutricional del Adulto Mayor. 2003. Organización Panamericana de la Salud. Disponible en: <http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/gericuba/modulo5.pdf> [Consultado el 28 de octubre de 2019].
 24. MINSAL. Encuesta Nacional de Salud 2009-2010. 2010. Chile: Ministerio de Salud. Disponible en: <http://web.minsal.cl/portal/url/item/bcb03d7bc28b64d-fe040010165012d23.pdf> [Consultado el 3 de agosto de 2019].
 25. de Souza e Silva CG, Kaminsky A, Arena R, Christle JW, Araújo CGS, Lima RM, et al. A reference equation for maximal aerobic power for treadmill and cycle ergometer exercise testing: analysis from the FRIEND registry. *Eur J Prev Cardiol* 2018; 25 (7): 742-50.
 26. Myers J, Kaminsky LA, Lima R, Christle JW, Ashley E, Arena R. A reference equation for normal standards for VO₂ max: analysis from the Fitness Registry and the Importance of Exercise National Database (FRIEND Registry). *Prog Cardiovasc Dis* 2017; 60 (1): 21-9.
 27. Neto GM, Pedreiro R, Oliveira A, Machado S, Vieira L, Neto SM, et al. Estimativa da aptidão cardiorrespiratória da população brasileira de 20 a 59 anos: abordagem através de modelo sem exercício com variáveis auto-relatadas. *J Phys Educ* 2019; 30 (1): e3068.
 28. Peterman JE, Arena R, Myers J, Marzolini S, Ross R, Lavie CJ, et al. Development of global reference standards for directly measured cardiorespiratory fitness: a report from the Fitness Registry and Importance of Exercise National Database (FRIEND). *Clin Proc* 2020; 95 (2): 255-64.
 29. Ekblom-Bak E, Ekblom B, Söderling J, Börjesson M, Blom V, Kallings LV, et al. Sex-and age-specific associations between cardiorespiratory fitness, CVD morbidity and all-cause mortality in 266.109 adults. *Prev Med* 2019; 127: e105799.
 30. Peterman JE, Harber MP, Imboden MT, Whaley MH, Fleenor BS, Myers J, et al. Accuracy of nonexercise prediction equations for assessing longitudinal changes to cardiorespiratory fitness in apparently healthy adults: BALL ST Cohort. *J Am Heart Assoc* 2020; 9: e015117.
 31. Peterman JE, Whaley MH, Harber MP, Fleenor BS, Imboden MT, Myers J, et al. Comparison of non-exercise cardiorespiratory fitness prediction equations in apparently healthy adults. *Eur J Prev Cardiol* 2019; e2047487319881242.
 32. Jang TW, Park SG, Kim HR, Kim JM, Hong YS, Kim BG. Estimation of maximal oxygen uptake without exercise testing in Korean healthy adult workers. *Tohoku J Exp Med* 2012; 227 (4): 313-9.
 33. Williford HN, Scharff-Olson M, Wang N, Blessing DL, Smith FH, Duey WJ. Cross-validation of non-exercise predictions of VO₂peak in women. *Med Sci Sports Exerc* 1996; 28 (7): 926-30.
 34. George JD, Stone WJ, Burkett LN. Non-exercise VO₂max estimation for physically active college students. *Med Sci Sports Exerc* 1997; 29 (3): 415-23.
 35. Kolkhorst FW, Dolgener FA. Nonexercise model fails to predict aerobic capacity in college students with high VO₂peak. *Res Q Exerc Sport* 1994; 65 (1): 78-83
 36. Santana JDO, Mambrini JVDM, Peixoto SV. Cardiorespiratory fitness and cardiometabolic risk factors among university professors. *Rev Bras Med Esporte* 2018; 24 (2): 102-6.
 37. Imboden MT, Kaminsky LA, Peterman JE, Hutzler HL, Whaley MH, Fleenor BS, et al. Cardiorespiratory fitness normalized to fat-free mass and mortality risk. *Med Sci Sports Exerc* 2020; 52 (7): 1532-37.